十字花科蔬菜生產與害蟲防治研討會專刊：32~73 (1981)

十字花科蔬菜害蟲之生物防治[1]

邱瑞珍　錢景泰　周樑鎰　陳炳輝[2]

目　　錄

前言
小菜蛾之生物防治
菜白蝶之生物防治
斜紋夜盜蟲之生物防治
甘藍擬尺蠖之生物防治
桃蚜之生物防治
偽菜蚜之生物防治
害蟲天敵受其他防治因素之影響
結語
引用文獻
英文摘要

摘　　要

本省之十字花科蔬菜害蟲種類繁多，重要者如小菜蛾 (*Plutella xylostella* L., Plutellidae)、普通白紋蝶(*Pieris rapae crucivora* Boisd., Pieridae)、斜紋夜盜蟲(*Spodoptera litura* Fabr., Noctuidae)、甘藍擬尺蠖 (*Trichoplusia ni* Hubn., Noctuidae)、桃蚜 (*Myzus persicae* Sulz., Aphididae) 及偽菜蚜 (*Lipaphis erysimi* Kalt., Aphididae) 等。其防治方法幾乎都以使用農藥為主，僅在民國61年至63年之蔬菜害蟲綜合防治計畫中，曾在示範田釋放小菜蛾幼蟲寄生蜂 *Apanteles plutella* Kurd. 以配合農藥與蘇力菌之防治。國外十字花科蔬菜害蟲之生物防治研究亦多屬基礎性之天敵種類調查、寄生或捕食行為之觀察、寄生率或捕食量之記錄、藥劑對天敵之影響以及外地天敵之引進等。

本文報導十字花科蔬菜害蟲之生物防治，亦以天敵為主，尤其着重於上述6種害蟲天敵種類之彙編，有效天敵之引進及應用於害蟲防治之一些實例。

前　　言

本世紀昆蟲學研究之發達，使害蟲天敵對害蟲數量抑制之重要性受到重視。所謂生物防

1. 臺灣省農業試驗所報告第934號。本文於1980年4月17~18日在「十字花科蔬菜生產與害蟲防治研討會」中宣讀。
2. 臺灣省農業試驗所應用動物系技正兼系主任、技士、技士、技佐。

治（biological control），狹義則謂利用生物天敵防治害蟲；廣義則包括作物對於害蟲之抗性（resistance）或容忍性（tolerance）以及農業防治（輪作、調節種植期、耕犁、修剪、浸水等）等。較新之生物防治，則包括釋放不孕性雄蟲、利用遺傳因子、昆蟲性費洛蒙(sex pheromones)、荷爾蒙（hormones）、一般誘劑（attractants）、忌避劑（repellants）或習性干擾（deterrants）等。國外對十字花科蔬菜害蟲生物防治雖多以基本研究為主，仍頗值得借鏡。本省十字花科蔬菜害蟲種類繁多，重要者如小菜蛾（*Plutella xylostella* (L.)）、普通白粉蝶（*Pieris rapae crucivora* Boisd.）、斜紋夜盜(*Spodoptera litura* (Fabr.))、甘藍擬尺蠖（*Trichoplusia ni* (Hubn.)）、桃蚜（*Myzus persicae* (Sulz.)）及偽菜蚜（*Lipaphis erysimi* Kalt.）等，均以農藥防治為主。僅在蔬菜害蟲綜合防治示範試驗中，為防治小菜蛾而施用低毒農藥配合以蘇力菌 90 TS 與釋放其幼蟲寄生蜂等。

本文報導之十字花科蔬菜害蟲生物防治，因國內外均乏具體而完整之資料，只能依據有關文獻、着重於害蟲寄生性與捕食性天敵種類之彙編、天敵之引進(importation)與其應用於害蟲防治之一些實例。

小菜蛾之生物防治

小菜蛾（*Plutella xylostelle* (L.)）現已分布全球。主要為害十字花科蔬菜，其生物防治在夏威夷、斐濟、澳洲、紐西蘭、印尼、錫蘭、印度、越南、香港及臺灣等地均有進行[6,10,11,13,53,101,145]。但以紐、澳及印尼等地較為成功。本省在 1972～1974 年間亦在田間釋放小菜蛾幼蟲寄生蜂 *A. plutellae* 以配合農藥與蘇力菌等之使用。

小菜蛾之寄生性天敵

小菜蛾之寄生性天敵全球記錄者共 8 科 126 種（表 1）。其中以姬蜂科之 *Diadegma cerophagus, Diadegma fenestrallis, Diadegma* sp. 及 *Diadromus collaris* 與小繭蜂科之 *Apanteles plutellae* 為最主要。本省僅記錄小繭蜂 *Apanteles plutellae* 與姬蜂 *Diadromus collaris*[3]。

表 1.　已記錄之小菜蛾寄生性天敵

Table 1.　Recorded parasitoids of *Plutella xylostella* (L.)

膜翅目 HYMENOPTERA

小繭蜂科 Braconidae

Apanteles sp.[77,195]

- *albipennis*[77]
- *alevanderi*[162]
- *eriophyes*[162]
- *fuliginosus*[77]
- *glomeratus*[17,133]
- *halfordi*[77]
- *ippeus*[17,194]
- *lacteipennis*[162]
- *limbatus*[77]
- *piceotrichosus*[77]
- **plutellae*[17,77,91,125,133,178,187,195]
- *rubecula*[77]
- *ruficornis*[178]
- *ruficrus*[17,49,178]
- *rufipes*[178]
- *sicarius*[17,77]
- *sodalis*[178]
- *vestalis*[77,195]
- *viminetorum*[162]
- *vitripennis*[177]
- *wilkinsoni*[162]

表 1.（續）

Bracon greeni (77)
hebetor (77)
Chelonus sp. (133)
blackburni (178)
ritchiei (77)
versatilis (17)
Colastes braconius (177)
Meteorus sp. (77,178)
Microplitis sp. (178)
plutellae (77,178)
pseudomediana (77)
Phaenocarpa ruficeps (77)
姬蜂科 Ichneumonidae
Angitia sp. (77)
armillata (77,178)
chrysosticta (17,77,178)
fenestralis (17,77,178)
gracilis (77,178)
insularis (77)
lateralis (178)
leontiniae (77)
majalis (178)
nana (178)
nr. *plutellae* (77)
platellae (77,178)
polynesialis (17)
rapi (77)
tibialis (77)
Anilasta sp. (17)
Campoletis sp. (77)
Campoplex sp. (77)
borealis (178)
paniscus (178)
Cremastus plutellae (178)
Diadegma eucerophaga (152)
cerophagus (1,53,77,145,177,178,194)
nr. *cerophagus* (77)
fenestralis (25,152,153)
insularis (17,121)
Diadromus sp. (77)
**collaris* (17,77)
plutellae (77)
subtilicornis (17,25,77,152,178)
varicolor intermedius (178)
Exochus coronatus erythronotus (178)
erythronotus (77)
Eulimneria blackburni (178)
fibrator (178)
gracilis (178)
leontiniae (178)
parva (178)
polynesialis (17,178)
tibiator (178)
Ephialtes brevicornis (17)
Gelis tenellus (77)
Hymenobosmina rapi (185)
Itoplectis sp. (17)
maculator (77)
narangae (17)
tunetana (152)
Limnerium gracile (17)
leontiniae (17)
polynesiale (17)
Macromalom orientale (17,93)
Mesochorus sp. (178)
velox (178)
Nepiera moldavica (54)
Phaeogenes discus (178)
plutellae (178)
rusticellae (178)
Pimpla alternans (17,178)
Sagaritis collaris brischkei (178)
latrator (178)
Scambus brevicornis (77)
大腿小蜂科 Chalcididae
Brachymeria sp. (77,133,178)
excarinata (77)
femorata (77)
plutellophaga (178)
phya (17,194)
sidnica (17,194)
Euchalcidia sp. (17)
Hockeria sp. (77)
testaceitarsis (133)
Spilochalcis albifrons (77)
chapadae (77)
hirtifemora (40,195)
side (77)

表 1.（續）

Tumidicoxella plutellophaga [17]	蚜小蜂科 Aphelinidae
黃金小蜂科 Pteromalidae	*Prospaltella porteri* [17,149]
Dibrachys cavus [77]	毛小蜂科 Trichogrammatidae
Eupteromalus viridescens [17]	*Trichogramma* spp. [40,195]
Habrocytus sp. [17]	*evanescens* [77]
phycidis [17]	*minutum* [178]
nr. *phycidis* [77]	*Trichogrammatoidea armigera* [105]
釉小蜂科 Eulophidae	
Tetrastichus sp. [17,49]	雙翅目 DIPTERA
rapo [17]	寄生蠅科 Tachinidae
sokolowiskii [17,40,77,178,195]	*Cadurcia plutellae* [77]
nr. *sokolowskii* [77]	*Voria ruralis* [77]

* 臺灣記錄種 (Recorded in Tiawan)

姬蜂 *Diadegma cerophagus* 原產於歐洲及其鄰近地區，現已分布全球。寄主多為鱗翅目昆蟲，約 8 科、9 種。係單元寄生。雌蜂產卵於寄主之各齡幼蟲或前蛹，幼蟲在寄主蛹內結繭。被寄生之幼蟲發育至化蛹其外觀正常[53]。紐、澳、印尼、南非及蘇俄等地，均視此蜂為小菜蛾之主要天敵[1,53,145]。在印尼 Patjet、澳洲昆士蘭及南非，其寄生率分別為 72～82%[145]、29%[194] 及 50% 以上[1]。

姬蜂 *Diadegma fenestralis* 係單元寄生。產卵於小菜蛾之第二至四齡幼蟲。幼蟲在寄主昆蟲體內結繭化蛹[98]。蘇俄視此蜂乃小菜蛾之重要天敵，其在烏克蘭與莫斯科之寄生率分別為 33～39%[25] 與 56～72%[98]。姬蜂 *Diadegma* sp. 乃美國小菜蛾之重要天敵，其在 1957 與 1958 年之寄生率分別為 36% 與 52%，約占小菜蛾全部被寄生率之 90% 與 94%[138]。

姬蜂 *Diadromus collaris* 原產歐洲及其鄰近地區。係單元寄生。雌蜂產卵於小菜蛾之前蛹或蛹，並有食害寄主之行為[53]。此蜂在紐西蘭寄生率達 60% 以上[1]。吳報導 3 月間在本省不施藥菜園此蜂之寄生率約達 40%，且有被姬蜂 *Itoplectis narangae* 重複寄生之現象[3]。

小繭蜂 *Apanteles plutellae* 原產於歐洲及其鄰近地區[53]。係單元寄生。雌蜂產卵於寄主之第一至三齡幼蟲，每一寄主體內雖產有數粒卵，但孵化後僅有一隻幼蟲能完成發育。小繭蜂幼蟲鑽出寄主體外後，寄主幼蟲尚可活 1 至 2 天，但已不能取食，終至死亡[7]。該蜂於馬來西亞、印度及臺北之施藥田間，其寄生率分別為 23.1～52.9%[125]、36.6%[91] 及 27%[16]。而馬來西亞與臺北之不施藥田間其寄生率分別為 82.7%[187] 與 37.5%[3]。

西歐地區小菜蛾有多種天敵，且其寄生率甚高，如莫斯科為 70～90%[98]，英國約為 89%[73]，保加利亞約為 98%[95]。此等地區除非小菜蛾成蟲自突發地區遷入，其為害並不嚴重[44]。但在東南亞與太平洋地區，小菜蛾也有數種有效之寄生蜂與二種病毒，其生物防治之前途本可樂觀，不幸許多地區濫用農藥，使天敵之防治功能受到抑制[145]。

小菜蛾之捕食性天敵

小菜蛾之捕食性天敵全球記錄共 10 科 25 種（表 2）。本省則僅黃斑粗喙椿象 *Eocan-*

thecona furcellata 有記錄[2]。有關捕食性天敵之資料，國內外均甚零碎。如蘇俄之鳥類、瓢蟲及螞蟻均捕食小菜蛾之蛹[182]。南非有種大型綠色螳螂 *Sphodromantis gastrica* 捕食小菜蛾幼蟲，但其發生期為 10 月，已過蔬菜被害季節[70]。美國甘藍田中之瓢蟲與食蚜虻捕食小菜蛾量不超過 2～3%，但捕食性蜘蛛類發生較多，被推斷其為小菜蛾之有效天敵[138]。

表 2. 已記錄之小菜蛾捕食性天敵

Table 2. Recorded predators of *Plutella xylostella* (L.)

螳螂目 MANTODEA
- 螳螂科 Mantidae
  - *Sphodromantis gastrica* [176]

半翅目 HEMIPTERA
- 盲椿象科 Miridae
  - *Lygus pratensis* [77]
- 椿象科 Pentatomidae
  - *Cosmopepla bimaculata* [77]
  - **Eocanthecona furcellate* [2]
  - *Perillus bioculatus* [77]
  - *Podisus maculiventris* [77]

脈翅目 NEUROPTERA
- 草蜻蛉科 Chrysopidae
  - *Chrysopa* sp. [77]
  - *carnea* [77]

鞘翅目 COLEOPTERA
- 隱翅蟲科 Staphylinidae
  - *Aleochara* sp. [17,176]
  - *Atheta festinans* [77]
- 瓢蟲科 Coccinellidae
  - *Ceratomegilla maculata fuscilabris* [138]
  - *Coccinella quinquepunctata* [77]
  - *septempunctata* [176]
  - *transversoguttata* [138]
  - *Hippodamia convergens* [138]
  - *Propylea quatuordecimpunctata* [176]

膜翅目 HYMENOPTERA
- 胡蜂科 Vespidae
  - *Polistes marginalis* [77]

雙翅目 DIPTERA
- 食蚜蠅科 Syrphidae
  - *Melanostoma fasciatum* [176]
  - *Mesogramma marginata* [138]
  - *Sphaerophoria cyclindrica* [138]
  - *menthastri* [138]
  - *robusta* [138]
  - *Syrphus novaezealandiae* [17,176]

蟎蜱目 ACARINA
- 地蟎科 Erythraeidae
  - Undetermined [77]

真蜘蛛目 ARANEIDA
- 金蜘蛛科 Argiopidae
  - *Neoscona doenitzi* [77]

* 臺灣記錄種 (Recorded in Taiwan)

小菜蛾生物防治實例

紐西蘭於 1936 與 1937 年分別自英國引進 *Diadegma cerophagus* 與 *Diadromus collaris*，此二種寄生蜂對小菜蛾防治均有相當效果，尤以前者更為顯著[53]。

澳洲於1946至1951年分別自紐西蘭與義大利引進小菜蛾寄生蜂 *Diadegma cerophagus, Diadromus collaris* 及 *Apanteles plutellae*。且在澳洲首都行政區 (Australian Capital Territory)、新南威爾斯 (New South Wales)、塔斯曼尼亞 (Tasmania) 及西澳洲

(Western Australia) 等地區立足，寄生率很高，使各地之小菜蛾族群密度顯著降低[53]。

印尼於 1950 年自紐西蘭引進 *Diadegma cerophagus* 釋放於爪哇與蘇門答腊。其寄生率約 86%，對抑低小菜蛾族群密度相當成功[53]。

本省曾於1972年自荷蘭引進2種小菜蛾寄生蜂，即小繭蜂 *Apanteles vestalis* 與姬蜂 *Diadegma fenestralis*。前者於室內繁殖頗為順利，但繁殖數量不多，無法釋放田間。後者則因產卵情形不佳而遭失敗。另本省產之小繭蜂 *Apanteles plutellae* 亦於同年分別輸出荷蘭與關島兩地，據悉繁殖情形極佳[9]。

1972 至 1974 年本省在農林廳植物保護科主持下，進行小菜蛾之綜合防治試驗，在蔬菜生育初期施用 25% 拜裕松 (Bayrusil) 乳劑 800 倍防治 2 次，至蔬菜生育中期平均每株菜上有 1 隻三齡以上幼蟲，或 2 隻二齡以下幼蟲時，即用蘇力菌液劑 (Thuricide 90 TS) 防治。使用蘇力菌後經過 10～15 天再釋放小繭蜂 *A. plutellae* 之繭，每公頃為 2,000～2,500 隻。釋放結果顯著地區，小繭蜂之寄生率自 24.07% 升至 51.26%，其次地區寄生率自 0.8～18%增至20～30%。此項試驗之效益為每公頃可少施藥劑 2 次，約節省藥劑防治費10,000 元[6,10,11,13]。

菜白蝶之生物防治

菜白蝶 (*Pieris rapae* (L.)) 原產歐洲 (或亞洲) 地區，加拿大、美國、紐西蘭、澳洲本土及塔斯曼尼亞島都有分布。 主要為害十字花科蔬菜[53]。 分布於臺灣、日本及琉球者乃菜白蝶之一亞種即普通白粉蝶 *P. rapae crucivora* Boisd.[44]。此外本省尚有臺灣白粉蝶 (*P. canidia canidia* (L.)) 與白米白粉蝶 (*P. naganum karumii* Ikeda)。 普通白粉蝶乃本省春、夏季十字花科蔬菜之嚴重害蟲[18]。

菜白蝶之寄生性天敵

菜白蝶 (*Pieris rapae*) 之寄生性天敵，全球記錄共 7 科 62 種 (表 3) ，普通白粉蝶 (*P. rapae curcivora*) 共 6 科 20 種 (表 4) 。其中以小繭蜂 *Apanteles rubecula* 與 *A. glomeratus*，蛹金小蜂(*Pteromalus puparum*) 及毛小蜂 *Trichogramma evanescens* 為最主要。本省之寄生天敵僅記錄蛹金小蜂、大腿小蜂 *Brachymeria obscurata* 及姬蜂 *Pimpla nipponica*[22,23]。

小繭蜂 *Apanteles rubecula* 係單元寄生。寄主幾乎全是菜白蝶，卵產於寄主之第一齡幼蟲[53]。寄主昆蟲常被寄生蜂之產卵管刺死[142]。 加拿大視此蜂為菜白蝶之重要天敵[189]。該蜂在美國加州與密蘇里州之寄生率均達 50%[53]。德國報導其寄生率高達 90%[44]。

小繭蜂 *Apanteles glomeratus* 原產歐洲及其鄰近地區，乃多元寄生。寄生於鱗翅目幼蟲，寄主多達 109 種。 卵產於菜白蝶之第一至三齡幼蟲[53,162]，蘇俄、紐西蘭及澳洲地區均

表 3. 已記錄之菜白蝶寄生性天敵

Table 3. Recorded parasitoids of *Pieris rapae* (L.)

膜翅目 HYMENOPTERA

- 小繭蜂科 Braconidae
  - *Apanteles cajae* [162]
    - *congregatus* [162]
    - *fulvipes* [162]
    - *glomeratus* [31,67,72,75,78,79,92,126,129,178]
    - *plutellae* [78]
    - *rubecula* [56,78,123,126,128,129,142,178,189,192]
    - *spurius* [178]
- 姬蜂科 Ichneumonidae
  - *Angitia rape* [178]
    - *tenuipes* [178]
  - *Anilastus ebeninus* [178]
  - *Astomaspis nanus* [178]
  - *Casinaria ischnogaster* [178]
    - *tenuiventris* [178]
  - *Gelis melanarius* [78]
  - *Goryphus* sp. [75]
    - *turneri* [13]
  - *Hemiteles melanarius* [178]
    - *schaffneri* [178]
  - *Hyposoter ebeninus* [78]
    - *exiguae* [78]
  - *Itoplectis conquisitor* [78]
  - *Mesochorus pectoralis* [178]
    - *splendidulus* [178]
  - *Netelia* sp. [78]
  - *Pimpla* sp. [78,79]
    - *compunctor* [178]
    - *conquisitor* [178]
    - *examinator* [178]
    - *rufata* [178]
    - *turionellae* [78]
  - *Stictopisthus complanatus* [178]
  - *Theronia atalantae* [178]
  - *Trogus pennator* [78]
- 大腿小蜂科 Chalcididae
  - *Brachymeria* sp. [75]
    - *euploeae* [78,79]
    - *femorata* [78]
    - *intermedia* [78]
    - *obscurata* [78,178]
    - *regina* [75]
- 黃金小蜂科 Pteromalidae
  - *Pteromalus imbutus* [178]
    - *puparum* [31,67,75,78,92,100,121,178,189]
  - *Sceptrothelys grandiclava* [78]
- 毛小蜂科 Trichogrammatidae
  - *Trichogramma evanescens* [78,123,124,126,128,154,178]
    - *minutum* [178]
    - *retorridum* [113]
    - *semblidis* [78]

雙翅目 DIPTERA

- 肉蠅科 Sarcophagidae
  - *Sarcophaga latisterna* [178]
- 寄生蠅科 Tachinidae
  - *Achaetoneura archippivora* [178]
    - *frenchii* [178]
  - *Compsilura concinnata* [75,78,178,189]
  - *Epicampocera succincta* [78]
  - *Euphorocera edwardsii* [190]
  - *Exorista flaviceps* [141]
  - *Lespesia archippivora* [78]
  - *Obolocera rape* [178]
  - *Phorocera claripennis* [178]
  - *Phryxe longicauda* [78]
    - *nemea* [78]
    - *pecosensis* [78]
    - *vulgaris* [78,178]
  - *Tachinid* sp. [178]
  - *Winthemia* spp. [75]

認此蜂為菜白蝶之重要天敵，其寄生率分別為 50%[44]、36～55%[31] 及 67%[75]。

蛹金小蜂 (*Pteromalus puparum*) 原產歐洲及其鄰近地區。乃多元蛹寄生。雌蜂在一隻寄主蛹內產卵 8～100 粒，甚至 212 粒。寄主昆蟲多達19科44種，以螟蛾科 (*Pyralidae*) 為最常見。此蜂除產卵寄生外，尚有食害寄主之行為[53]。紐、澳地區視之為菜白蝶之重要

表 4. 已記錄之普通白粉蝶寄生性天敵

Table 4. Recorded parasitoids of *Pieris rapae crucivora* Boisd.

膜翅目 HYMENOPTERA	*japonica* (178)
小繭蜂科 Braconidae	大腿小蜂科 Chalcididae
Apanteles glomeratus (196)	**Brachymeria obscurata* (22,196)
姬蜂科 Ichneumonidae	長尾小蜂科 Torymidae
Apechthis capulifera (196)	*Monodontomerus minor* (196)
compunctor (196)	黃金小蜂科 Pteromalidae
rapae (196)	**Pteromalus puparum* (22,196)
Coccygomimus luctuosus (109)	
Ephialtes capulifera (109)	雙翅目 DIPTERA
Pimpla disparis (196)	寄生蠅科 Tachinidae
luctuosa (196)	*Bessa parallela* (78)
**nipponica* (23,196)	*selecta* (196)
pluto (196)	*Compsilura concinnata* (196)
rapae (178)	*Phryxe vulgaris* (196)
Theronia atalantae gestator (196)	

* 臺灣記錄種 (Recorded in Taiwan)

天敵，兩地寄生率分別為 33～36%[31] 與 63%[75]。此蜂在中國大陸對菜白蝶之寄生率亦達 50% 以上，因此被認最有效天敵[79]。其在日本亦算普通白紋蝶之重要天敵[109]。在本省裘報導其寄生率 3 月約為 25%，4～6 月則高達 90%[22]。

毛小蜂 *Trichogramma evanescens* 係多元卵寄生。Bonnemaison 報告德國菜白蝶之被寄生率有時高達 77%[44]。美國自歐洲引進此蜂，1968 年南加州菜白蝶之田間被寄生率增至 74%[124]。密蘇里州菜白蝶之每一世代被寄生率亦在 20～75%[126]。

菜白蝶之捕食性天敵

菜白蝶捕食性天敵全球記錄共 12 科 23 種（表 5），普通白粉蝶共計 12 科 24 種（表 6）。本省之捕食性天敵僅有螽蟖科之 *Tettigonia orientalis*，椿象科之黃斑粗喙椿象 (*Eocanthecona furcellata*) 與 *Zicrona coerulea* 以及刺椿科之 *Cydnocoris russatus*[23]。

紐西蘭報導捕食性之昆蟲與蜘蛛均喜捕食菜白蝶之初齡幼蟲，捕食率達 55.9%，其中食蚜虻 *Melanostoma fasciatum* 與 *Syrphus novaezealandiae* 占 58.3%，一種盲蜘蛛 *Phalangium opilio* 占 31.5%，鳥類喜捕食第二代菜白蝶之老熟幼蟲與越冬蛹[30]。Dempster 在英國進行菜白蝶之生命表研究，得悉其自卵至蛹期之死亡率高達 90%，其中半數以上乃第一、二齡幼蟲，係被捕食性天敵所捕食，而捕食天敵中以步行蟲 *Harpalus rufipes* 與長脚蜘蛛 *Phalangium opilio* 占多數，鳥類則捕食將要老熟之幼蟲，捕食率約 20%[56]。

表 5. 已記錄之菜白蝶捕食性天敵

Table 5. Recorded predators of *Pieris rapae* (L.)

半翅目 HEMIPTERA	
花椿象科 Anthocoridae	
Anthocoris nemoralis (78)	
擬刺椿象科 Nabidae	
Nabis capsiformis (89)	
myrmecoides (176)	
刺椿象科 Reduviidae	
Arilus cristatus (176)	
瘤椿象科 Phymatidae	
Phymata americana (78)	
erosa (176)	
椿象科 Pentatomidae	
Arma custos (78)	
Dinorhynchus dybowskyi (78)	
Oechalia consocialis (176)	
Picromerus bidens (78)	
lewisi (78)	
鞘翅目 COLEOPTERA	
步行蟲科 Carabidae	
Harpalus rufipes (56)	
膜翅目 HYMENOPTERA	
胡蜂科 Vespidae	
Polistes maculiventris (176)	
metricus (176)	
pallipes (176)	
Vespa germanica (176)	
雙翅目 DIPTERA	
食蟲虻科 Asilidae	
Laphria fimbriata (78)	
Proctacanthus milberti (78)	
食蚜蠅科 Syrphidae	
Melanostoma fasciatum (30)	
Syrphus novaezealandiae (30)	
蟎蜱目 ACARINA	
波毛蟎科 Trombidiidae	
Allothrombium fuliginosum (78)	
盲蜘蛛目 PHALANGIDA	
盲蜘蛛科 Phalangidae	
Phalangium opilio (30)	
眞蜘蛛目 ARANEIDA	
姬蜘蛛科 Theridiidae	
Theridion pallens (78)	

菜白蝶生物防治實例

美國於 1884 年自英國引進菜白蝶之寄生蜂 *A. glomeratus*，隨即在華府地區立足，後更廣泛釋放，使之分布全美，對菜白蝶之防治獲部份效果[53,128]。

美國又於1965至1967年分別自歐洲與加拿大引進 *T. evanescens*[53] 與 *A. rubecula*[140]。在密蘇里州第一世代菜白蝶發生時，即同時釋放菜白蝶成蟲與寄生蜂，使寄主與寄生蜂之世代發生一致。因此在菜白蝶之第二及第三世代發生時，僅需釋放少量寄生蜂即可使菜白蝶族群降至經濟為害水平之下。該釋放區 96% 甘藍之品質都居最優等，而對照區之甘藍竟全無商品價值[127,128]。其防治效果之佳可以想見。Oatman 等氏指出夏季在加州大量釋放 *T. evanescens* 可使菜白蝶族群維持在經濟為害水平之下。又因寄主昆蟲在加州不越冬，因此春季不需釋放寄主昆蟲，亦可獲生物防治效果[122,124]。

紐西蘭在 1938 至 1939 年自美國引進 *A. glomeratus* 防治菜白蝶相當成功[45,124]。

澳洲也曾分別自紐西蘭、瑞典及加拿大引進小繭蜂 *A. glomeratus* 與 *A. rubecula* 及

表 6. 已記錄之普通白粉蝶捕食性天敵

Table 6. Recorded predators of *Pieris rapae crucivora* Boisd.

直翅目 ORTHOPTERA	膜翅目 HYMENOPTERA
螽蟖科 Tettigonidae	胡蜂科 Vespidae
**Tettigonia orientalis* (196)	*Polistes chinensis antennalis* (196)
蟋蟀科 Gryllidae	*fadwigae* (196)
Oecanthus longicauda (176)	*japonicus* (196)
	jokohamae (196)
半翅目 HEMIPTERA	*snelleni* (196)
花椿象科 Anthocoridae	*Vespula lewisii* (196)
Orius sp. (78)	*mandarinus* (176)
擬刺椿象科 Nabidae	*yokokamae* (78)
Nabis ferus (196)	細腰蜂科 Sphecidae
刺椿象科 Reduviidae	*Ammophila sabulosa infesta* (196)
**Cydnocoris russatus* (23,196)	
椿象科 Pentatomidae	雙翅目 DIPTERA
Arma custos (196)	食蟲虻科 Asilidae
Dinorhynchus dybowskyi (196)	*Machimus scutellaris* (196)
**Eocanthecona furcellata* (2)	
**Zicrona coerulea* (196)	眞蜘蛛目 ARANEIDA
鞘翅目 COLEOPTERA	狼蜘蛛科 Lycosidae
步行蟲科 Carabidae	*Lycosa t-insignis* (78)
Cicindela elisae (196)	蟹蜘科 Thomisidae
japana (196)	*Misumena tricuspidata* (78)
japonica (196)	

* 臺灣記錄種 (Recorded in Taiwan)

蛹金小蜂等天敵，且被證實其在澳洲地區可利用於防治菜白蝶。後在南澳洲、新南威爾斯、維多利亞及塔斯曼民亞等地，單獨或同時使用 *A. glomeratus* 與蛹金小蜂防治菜白蝶，均獲效果[45]。

斜紋夜盜蟲之生物防治

斜紋夜盜蟲係雜食性，對十字花科蔬菜時有嚴重為害。其天敵種類之調查與生物防治成效也有一些記述。但田間之觀察報導多在芋田行之。文獻中斜紋夜盜蟲(*Spodoptera litura*)與 *S. littoralis* 兩種時相混淆[111]，本文所列舉之斜紋夜盜蟲天敵，因無法考查寄主之正確學名，祇能依文獻所載之學名為準，因此有些天敵可能並非斜紋夜盜蟲 (*S. litura*) 之天敵。希讀者注意及此。

斜紋夜盜蟲之寄生性天敵

斜紋夜盜蟲之寄生性天敵全球記載者約 10 科 78 種（表 7）。本省則有 15 種。印度地

區以小繭蜂 *Chelonus heliopae* 較為重要，其在田間活躍期為7月至翌年2月，而以7、8月之寄生率最高[134]。本省則以馬尼拉小繭蜂（*Snellenius manilae*）最常見而且普遍。全年中以11月之寄生率較高，約43.9%；10月次之，約30.9%；5～8月較低，僅約5.1～6.5%。該蜂在臺北室內可繁殖17世代。似可視為本省斜紋夜盜蟲之主要寄生蜂[4,83]。

表 7. 已記錄之斜紋夜盜蟲寄生性天敵

Table 7. Recorded parasitoids of *Spodoptera litura* (Fabr.)

- 膜翅目 HYMENOPTERA
  - 小繭蜂科 Braconidae
    - *Apanteles* nr. *colemani* (135)
      - *nioro* (78)
      - **plutellae* (4)
      - *prodenia* (178)
      - *risbeci* (78)
      - **ruficrus* (4,78,178)
      - *sagax* (78)
    - *Bracon gelechiae* (78)
    - *Chelonus* sp. (178)
      - **formosanus* (143,178)
      - *heliopae* (136)
    - **Meteorus* sp. (4)
    - **Microplitis pallidipes* (4)
      - *prodeniae* (146)
      - **tuberculifer* (4)
      - *demolitor* (78)
    - **Snellenius manilae* (4,83)
    - *Zele chlorophthalma* (78)
      - *nigricornis* (78,178)
  - 姬蜂科 Ichneumonidae
    - *Angitia argenteopilosa* (178)
    - *Barylypa humeralis* (78)
      - *rufa* (78)
    - *Campoletis* sp. (36)
      - **chlorideae* (4,193)
    - *Campoplex* sp. (78)
      - *xanthostoma* (78)
    - *Charops* sp. (78)
      - **bicolor* (4)
      - *obursus* (135)
    - *Ctenochares instructor* (78)
    - *Eriborus argenteopilosa* (78)
    - *Hyposoter* sp. (178)
    - *Metopius discolor* (178)
      - **rufus browni* (178)
    - *Netelia producta* (78)
    - *Paniscus testaceus* (178)
    - *Pimpla instigator* (41)
  - 大腿小蜂科 Chalcididae
    - *Brachymeria lasus* (117)
    - *Hockeria unicolor* (78)
  - 圓腹小蜂科 Perilampidae
    - *Perilampus nesiotes* (178)
  - 黃金小蜂科 Pteromalidae
    - *Conomorium patulum* (78)
  - 釉小蜂科 Eulophidae
    - **Euplectrus* sp. (4,78)
      - *gopimohani* (78)
    - *Tetrastichus ayyari* (50)
      - *israeli* (112)
    - *Trichospilus pupivora* (178)
  - 毛小蜂科 Trichogrammatidae
    - *Trichogramma australicum* (113)
      - **dendolimi* (4)
      - *evanescens* (178)
      - *minutum* (178)
  - 黑卵蜂科 Scelionidae
    - **Telenomus* sp. (5,178)
      - *alecto* (78)
      - *nawaii* (78,178)
      - *remus* (78)
      - *spodopterae* (78)
- 雙翅目 DIPTERA
  - 肉蠅科 Sarcophagidae
    - **Sarcophaga* sp. (178)
  - 寄生蠅科 Tachinidae
    - *Actia aegyptia* (178)
      - *monticola* (99)
    - *Blepharella lateralis* (78)

表 7.（續）

Drino aequalis (78)	*Periscepsia carbonaria* (78)
imberbis (78)	*Strobliomyia aegyptia* (135)
nr. *inconspicua* (78)	*Sturmia* sp. (78,178)
solennis (78)	*inconspicuoides* (178)
Eocarcelia evolans (78)	*Pales pavida* (193)
Exorista sp. (78)	*Podomyia setosa* (178)
larvarum (78)	*Tritaxys* sp. (78)
japonica (193)	*Winthemia dispar* (78)
**Gonia cinerascens* (78)	*diversa* (69)
Parasarcophaga misera (36)	

* 臺灣記錄種 (Recorded in Taiwan)

斜紋夜盜蟲之捕食性天敵

斜紋夜盜蟲之捕食性天敵全球記載者約 22 科 62 種（表 8），本省天敵有 12 種。其中之黃斑粗喙椿象 (*Eocanthecona furcellata*) 在本省已記錄之食餌昆蟲有擬尺蠖、小菜蛾、斜紋夜盜、普通白粉蝶等約12種以上，但普通白粉蝶及斜紋夜盜蟲等，因幼蟲活動力不大，體表皮薄，無毛，易於穿刺，故為其嗜好之食餌。每隻黃斑粗喙椿象成蟲一日間最多捕食之斜紋夜盜蟲為 7.7 隻[2]。

表 8. 已記錄之斜紋夜盜蟲捕食性天敵

Table 8. Recorded predators of *Spodoptera litura* (Fabr.)

直翅目 ORTHOPTERA	*Cyrtopeltis tenuis* (78)
螽蟖科 Tettigoniidae	刺椿象科 Reduviidae
Euconocephalus thunbergi (114)	*Euagoras plagiatus* (179)
Gampsocleis buergeri (114)	*Harpactor costalis* (165)
Hexacentrus japonicus (114)	*Rhinocoris costalis* (179)
蟋蟀科 Gryllidae	*fuscipes* (179)
Teleogryllus emma (114)	椿象科 Pentatomidae
	Afrius purpureus (78)
革翅目 DERMAPTERA	**Andrallus spinidens* (23,78,196)
蠼螋科 Labiduridae	**Eocanthecona furcellata* (2,179,196)
Euborellia annulipes (114)	*Macrorhaphis spurcata* (179)
plebija (193)	*Nezara viridula* (179)
Labidura riparia (179,193)	*Podisus maculiventris* (82)
	**Zicrona coerulea* (196)
半翅目 HEMIPTERA	
花椿象科 Anthocoridae	脈翅目 NEUROPTERA
Orius albidipennis (179)	長角蛉科 Ascalaphidae
laevigatus (179)	*Helicomitus festivus* (78)
盲椿象科 Miridae	草蜻蛉科 Chrysopidae

表 8.（續）

Chrysopa carnea (78)	*Coccinella undecimpunctata* (179)
intima (115)	
sanvitoresi (78)	膜翅目 HYMENOPTERA
viridana (78)	蟻科 Formicidae
	Pheidole megacephala (179)
鞘翅目 COLEOPTERA	胡蜂科 Vespidae
步行蟲科 Carabidae	**Polistes* sp. (4)
Anisodactylus signatus (114)	*chinensis* (193)
Broscus puncatus (179)	*jadwigae* (193)
Calathus halensis (193)	
**Calleida splendidula* (179)	眞蜘蛛目 ARANEIDA
Calosoma chinense (196)	小盤蜘蛛科 Micryphantidae
maderae (78)	*Gnathonarium exsiccatus* (193)
senegalense (78)	**Oedothorax insecticeps* (4,193)
**Chlaenius lynx* (23)	跑蜘蛛科 Pisauridae
**naeviger* (4)	*Dolomedes sulfureus* (193)
Diplocheila zeelandica (114)	狼蜘科 Lycosidae
Harpalus niigatanus (114)	**Lycosa pseudoannulata* (4)
tridens (114)	*t-insignis* (78)
Lesticus agnus (114)	**Pirata* sp. (4)
**Pheropsophus javanus* (23)	猫蜘科 Oxyopidae
Scarites terricola (114)	*Oxyopes* sp. (193)
埋葬蟲科 Silphidae	蟹蜘科 Thomisidae
Eusilpha japonica (114)	*Misumenops tricuspididata* (193)
隱翅科 Staphylinidae	*Xysticus tunicatus* (114)
Paederus alfierii (78)	袋蜘科 Clubionidae
**fuscipes* (4,179)	*Chiracanthium isiacum* (78,179)
Philonthus spinipes (114)	樹蛙 Tree frog
瓢蟲科 Coccinellidae	*Hyla arborea japonica* (86,193)
Cheilomenes vicina (179)	

* 臺灣記錄種 (Recorded in Taiwan)

Yamanaka 等氏在日本高知縣芋田調查，據稱寄生性與捕食性天敵可使 68～89% 之斜紋夜盜幼蟲致死。小盤蜘蛛（以裂頭小盤蛛 *Oedothorax insecticeps* 為主）與胡蜂分別為斜紋夜盜之一齡與老熟幼蟲最重要致死因子[193]。 Nakasuji 等氏報導剛孵化之斜紋夜盜幼蟲在蜘蛛存在與不存在之情況下，其死亡率分別為 60 與 18%，不過被蜘蛛捕食者實際只有 4%，而 38% 係因蜘蛛捕食時破壞其群聚性而致死。每逢 6～7 月小盤蛛密度高時，即使斜紋夜盜蟲數達 900 隻之多，其存活率亦僅 2～3%。每隻裂頭小盤蛛每天可捕食斜紋夜盜一齡幼蟲 32 隻[115]。Ito 等氏報導步行蟲、蠼螋甚至蟋蟀也是斜紋夜盜之重要天敵[86]。

斜紋夜盜蟲生物防治實例

關島於1936年從夏威夷引進黑卵蜂 *Telenomus nawai* Ashm. 防治香蕉上之斜紋夜盜，隨即發現該蜂在多處立足(145)。

Nakasuji 等氏將芋田分為3個試驗區：(1)改良型防治：芋田之雜草在地面 5cm 以上之部分用鐮刀割除，地面鋪以稻草，夏季每隔14天施用 30ppm 之 Chlorophenamidine，共施用3次；(2)慣行防治區：雜草用手拔除，並以 450ppm 之 methomyl 取代 Chlorophenamidine；(3)對照區：地面雜草用手拔除後再鋪稻草，不施用化學藥劑。結果顯示捕食性天敵之密度以改良型防治區最多，不防治區次之，慣行防治區最少。而各區斜紋夜盜幼蟲之密度則相反，芋頭產量則以改良型防治區最多，慣行防治區次之，不防治區最少。氏等認為芋田之斜紋夜盜蟲可用捕食性天敵配合超低濃度之 Chlorophenamidine 防治之(114)。

甘藍擬尺蠖之生物防治

甘藍擬尺蠖乃雜食性，本省雖未見其有成災之報導，但在美國西南部却是十字花科蔬菜、萵苣以及棉花等之主要害蟲。美國亞利桑那、密西西比、密蘇里以及加利福尼亞等州對加害十字花科蔬菜、番茄、棉花、苜蓿及雜草等之擬尺蠖天敵之種類調查與生物防治成效略有報導。

甘藍擬尺蠖之寄生性天敵

甘藍擬尺蠖之寄生性天敵全球記錄者約 8 科 50 種（表 9）。本省則僅記錄小繭蜂 *Apanteles* sp. 與 *A. ruficrus*，大腿小蜂 *Brachymeria obscurata* 及跳小蜂 *Litomastix truncatella* 等4種。

美國南加州甘藍擬尺蠖之被寄生率為26%，其中90%係被寄生蠅寄生，寄生蜂僅占10%。寄生蠅中又以 *Voria ruralis* 為最主要。該蠅整年發生，而以秋末與冬季之寄生率較高(46,120)，寄生蜂中以跳小蜂 *Litomastix truncatella* 為最重要，其寄生率以夏末與秋季較高(52)。但該蜂寄生之擬尺蠖幼蟲比未被寄生者食量大約 35%(84)。故 Clancy 認為寄生蠅之防治潛能較寄生蜂為優(52)。

甘藍擬尺蠖之捕食性天敵

甘藍擬尺蠖之捕食天敵全球記載者約11科17種（表10）。本省僅記錄椿象科之黃斑粗喙椿象（*Eocanthecona furcellata*）。捕食性天敵中如花椿象 *Orius tristicolor*、長椿象 *Geocoris pallens*、擬刺椿象 *Nabis americoferus* 之成蟲與若蟲、草蜻蛉 *Chrysopa carnea* 之幼蟲均為棉花田擬尺蠖幼蟲之重要致死因子，此類天敵若被化學藥劑毒殺時，甘藍擬尺蠖便從次要害蟲進身為主要害蟲(63)。Igonoff 等氏將捕食性椿象 *Podisus maculiventris* 去翅

表 9. 已記錄之甘藍擬尺蠖寄生性天敵

Table 9. Recorded parasitoids of *Trichoplusa ni* (Hubn.)

膜翅目 HYMENOPTERA

小繭蜂科 Braconidae

- **Apanteles* sp. [5]
  - *autographae* [162]
  - *glomeratus* [162]
  - *laeviceps* [162]
  - *marginiventris* [43,129]
  - *plutellae* [91]
  - **ruficrus* [51]
- *Chelonus blackburni* [88]
  - *texanus* [63]
- *Microplitis alaskensis* [78]
  - *brassicae* [62,78]
  - *plutellae* [120]
- *Rogas molestus* [78]
  - *perplexus* [78]
  - *rufocoxalis* [78]

姬蜂科 Ichneumonidae

- *Banchus flavescens* [23]
- *Campoletis* sp. [52]
  - *websteri* [78]
- *Ecphoropsis perdistinctus* [102]
- *Gambrus ultimus* [78]
- *Hyposoter exiguae* [78]
- *Itoplectis conquisitor* [78]
- *Nepiera fuscifemora* [52]
- *Patrocoides montanus occidentalis* [52]
- *Pimpla turionellae* [78]
- *Stenichneumon culpator* [78]

大腿小蜂科 Chalcididae

- **Brachymeria obscurata* [23]
  - *ovata* [132]

跳小蜂科 Encyrtidae

- **Litomastix truncatella* [23,52,63,78]

釉小蜂科 Eulophidae

- *Euplectrus comstocki* [78]
  - *platyhypenae* [186]

蚜小蜂科 Aphelinidae

- *Encarsia lutea* [78,169]

毛小蜂科 Trichogrammatidae

- *Trichogramma australicum* [113]
  - *evanescens* [131]
  - *japonicum* [113]
  - *minutum* [78]
  - *pretiosum* [113]
  - *semifumatum* [168]

雙翅目 DIPTERA

寄生蠅科 Tachinidae

- *Archytas californiae* [47]
- *Compsilura concinnata* [78]
- *Eucelatoria armigera* [78]
- *Eusisyropa autographae* [78]
- *Lespesia* sp. [52]
  - *achaetoneura* [120]
  - *archippivora* [78]
- *Madremyra saundersii* [120]
- *Nemorilla floralis* [78]
- *Periscepsia helymus* [52]
- *Siphona plusiae* [52]
- *Voria ruralis* [48,52,78,121]

* 臺灣記錄種 (Recorded in Taiwan)

後釋放田間，於12小時後發現去翅者約有 85% 留在田間，而未去翅者僅有 12%，而且去翅者所產之卵約為未去翅者之 9 倍，因此氏等認為將天敵去翅使其滯留在作物上，可提高其對害蟲之防治效果。但只有天敵能產生無翅型時才能辦到[85]。

甘藍擬尺蠖生物防治實例

美國南加州於 1966～1969 年，大量釋放毛小蜂 *Trichogramma pretiosum* 防治番茄擬尺蠖，結果釋放區之寄生率為 24.6～53.4% 而對照區為 9.9%，顯示在番茄初植時，每隔

表 10. 已記錄之甘藍擬尺蠖捕食性天敵

Table 10. Recorded predators of *Trichoplusia ni* (Hubn.)

螳螂目 MANTODEA	椿象科 Pentatomidae
螳螂科 Mantidae	**Eocanthecona furcellata* [2]
Tenodera sinensis [197]	*Podisus maculiventris* [85]
	Stiretrus anchorago [148]
革翅目 DERMAPTERA	
蠼螋科 Labiduridae	脈翅目 NEUROPTERA
Labidura riparia [175]	草蜻蛉科 Chrysopidae
	Chrysopa carnea [63,64]
半翅目 HEMIPTERA	*rufilabris* [151]
花椿象科 Anthocoridae	
Orius tristicolor [63]	鞘翅目 COLEOPTERA
擬刺椿象科 Nabidae	步行蟲科 Carabidae
Nabis alternatus [35]	*Calosoma glabratum* [78]
americoferus [63]	偽菊虎科 Malachiidae
刺椿象科 Reduviidae	*Collops vitattus* [63]
Phymata americana [78]	
Sycanus indagator [78]	蟎蜱目 ACARINA
長椿象科 Lygaeidae	地蟎科 Erythraeidae
Geocoris pallens [35,63]	*Leptus* sp. [78]
punctipes [63]	

* 臺灣記錄種 (Recorded in Taiwan)

二週每英畝若釋放毛小蜂 465,000 隻，足以防治擬尺蠖[122]。但在密蘇里州之甘藍菜田大量釋放 Brownsville 品系之毛小蜂，卻對甘藍擬尺蠖沒有防治效果。其原因可能是 *T. pretiosum* 和 *T. evanescens* 產生種間競爭[130]。

桃蚜之生物防治

桃蚜乃十字花科蔬菜重要害蟲之一，同時也傳播蔬菜毒素病，其寄主植物至為廣泛。就其天敵而言，桃蚜之捕食性天敵以瓢蟲、食蚜虻及草蜻蛉等最受重視。寄生性天敵則以蚜繭蜂科 (Aphidiidae) 與蚜小蜂科 (Aphelinidae) 較為重要。此等天敵生活在複雜之自然環境中，如能詳加觀察並善予利用，亦可望在桃蚜防治方面發揮效果[15,20]。

桃蚜之寄生性天敵

桃蚜之寄生性天敵全球記錄者有昆蟲與蟎類等共約 60 種（表 11）。本省則有蚜繭蜂科與蚜小蜂科等 6 種（表 11）。各國研究較多者以蚜繭蜂科之 *Aphidius matricariae*、岐阜蚜繭蜂 (*A. gifuensis*) 及黃褐蚜繭蜂 (*Diaeretiella rapae*) 等。Khristova 於 1972 年在

保加利亞觀察 *A. matricariae* 之室內寄生率，7 月為 60.5～80%，11 月底為 75～83%[96]。Atwal 等氏在印度調查 *D. rapae* 寄生桃蚜之情形，其寄生率在三月間可高達 83.3～97.4%[32]。該寄生蜂在本省之寄主範圍較廣，且在菜田甚為活躍，尤以北部地區為多。山地如梨山等地在 5 至 12 月間經常發現。岐阜蚜繭蜂在本省除夏季外，幾乎終年出現，尤以春季最多。每年 10 月至次年 2 月其在田間對桃蚜之寄生率分別為 45.3、68、53.5、63.7 及 60.6% 可算為桃蚜最有效之寄生天敵[20]。

表 11. 已記錄之桃蚜寄生性天敵

Tbale 11. Recorded parasitoids of *Myzus persicae* (Sulz.)

膜翅目 HYMENOPTERA

蚜繭蜂科 Aphidiidae

- *Aphidius* sp. [59,76,159,176]
  - *avenae* [66,76]
  - *avenaphis* [66,76]
  - *cardui* [66]
  - *colemani* [80]
  - *dauci* [171]
  - *ervi* [80]
  - **gifuensis* [66,163,172,174]
  - *matricariae* [66,76,96,156,181]
  - *nigripes* [65,66,76,159]
  - *ohioensis* [66]
  - *persicae* [176]
  - *phorodontis* [176]
  - *picipes* [76]
  - *pisivorus* [76]
  - *platensis* [60]
  - *pulcher* [66]
  - *rosae* [66,76]
  - *sonchi* [63]
- *Binodoxys angelicae* [66,76]
  - *brevicornis* [66]
  - *indicus* [66]
  - *similis* [66,76]
- *Diaeretiella chenopodiaphidis* [66,176]
  - **rapae* [32,66,76,103,165,174,176]
- *Ephedrus* sp. [76]
  - *cerasicola* [66]
  - *incompletus* [176]
  - *nacheri* [188]
  - **persicae* [66,76,174]
  - **plagiator* [66,76,174]
- **Lipolexis gracilis* [66,174]
- *Lysaphidus platensis* [76]
- *Lysiphlebus* sp. [76]
  - *fabarum* [76]
  - *japonica* [188]
  - *testaceipes* [76]
- *Panesia antennata* [66]
- *Praon* sp. [59,76,159]
  - *aguti* [66,76]
  - *americanum* [66,76]
  - *mongolicum* [66,76]
  - *myzophagum* [66,76]
  - *occidentale* [66,76]
  - *orientale* [66]
  - *pequodorum* [66]
  - *simulans* [66,76,176]
  - *unicus* [66,76]
  - *volucre* [66,76]
- *Toxares deltiger* [66,76]
  - *zakai* [66]

跳小蜂科 Encyrtidae

- *Aphidencyrtus aphidivorus* [171]

蚜小蜂科 Aphelinidae

- **Aphelinus* sp. [66]
  - *asychis* [66]
  - *flavipes* [66]
  - *jucundus* [66,76]
  - *mali* [176]
  - *marlatti* [76]
  - *simiflavus* [66,76,147,176]
  - nr. *toxopteraphidis* [66]

* 臺灣記錄種 (Recorded in Taiwan)

桃蚜之捕食性天敵

桃蚜之捕食性天敵全世界記錄者約 200 種、分隸於蟎類及半翅目、鞘翅目、脈翅目及雙翅目等昆蟲（表12)。本省記錄之天敵有瓢蟲科 (Coccinellidae)、姬蛉科 (Hemerobiidae)、草蜻蛉科 (Chrysopidae) 及食蚜虻科 (Syrphidae) 等37種（表12）。

表 12. 已記錄之桃蚜捕食性天敵

Table 12. Recorded predators of *Myzus persicae* (Sulz.)

半翅目 HEMIPTERA
- 花椿象科 Anthocoridae
  - *Anthocoris melanocerus* (66)
    - *nemorum* (66)
    - *pilosus* (66)
    - *sibiricus* (81)
  - *Deraecoris punctulatus* (66)
  - *Orius insidiosus* (76)
    - *majusculus* (66)
    - *minutus* (66)
    - *nigra* (66)
    - *tristricolor* (76)
- 盲椿象科 Miridae
  - *Camptobrochis punctulatus* (66)
  - *Cyrtopeltis lurida* (76)
  - *Deraeocoris flavilinea* (181)
  - *Macrolophus nubilis* (66)
- 擬刺椿科 Nabideae
  - *Bembidion lampros* (59)
  - *Harpalus rufipes* (59)
  - *Nabis alternatus* (76)
    - *americoferus* (172)
    - *christophi* (66)
    - *ferus* (66)
  - *Pterostichus melanarius* (59)
  - *Trechus quadristriatus* (59)
- 長足椿科 Berytidae
  - *Jalysus spinosus* (66,76)
- 椿科 Pentatomidae
  - *Podisus maculiventris* (66)

脈翅目 NEUROPTERA
- 姬蛉科 Hemerobiidae
  - *Eumicromus angulatus* (110)
    - *pusillus* (66)
    - **sauteri* (66)
  - *Kimminsia subnebulosa* (59,76)
  - *Meleoma emuncta* (66)
    - *signoretti* (66)
    - *variegatus* (66)
- 草蜻蛉科 Chrysopidae
  - *Anisochrysa flavifrons* (66)
  - *Ankylopteryx octopunctata* (66)
  - *Chrysopa abbreviata* (66)
    - **boninensis* (174)
    - *carnea* (26,29,39,59,66,74,76,94,155,170,174)
    - *downesi* (66)
    - *flavifrons* (66)
    - *formosa* (66)
    - **formosana* (66,174)
    - *oculata* (176)
    - *perla* (59,66)
    - *phyllochroma* (66)
    - *plorabunda* (66)
    - *ramburi* (176)
    - *rufilabris* (66)
    - **septempunctata* (66,76,174)
    - *ventralis* (66)
  - *Drepanepteryx phalaenoides* (66)

鞘翅目 COLEOPTERA
- 菊虎科 Cantharidae
  - *Cantharis andersoni* (66)
    - *divisus* (66)
- 偽菊虎科 Malachiidae
  - *Collops bipunctatus* (76)
- 瓢蟲科 Coccinellidae
  - *Adalia bipunctata* (27,57,66,71,76,176)
    - *decempunctata* (66,76,176)
    - *flavomaculata* (66)
    - *revelieri* (76)
  - *Adonia variegata* (66,76)

Anatis quattuordecimpunctata [66]
  Calvia decemguttata [76]
    quatuordecimguttata [76]
  Ceratomegilla septempunctata [71]
    maculata [71]
  Cheilomenes geisha [76]
    lunatus [66,76]
  Chilocorus bipustulatus [66]
    bivulnerus [66]
    quadripustulatus [176]
    stigma [176]
  Coccinella conglobata [76]
    leonina [66]
    novemnotata [66]
    **octopunctata* [66,174]
    quadripunctata [76]
    quinquepunctata [71,76]
    **repanda* [66,76,174,176]
    **septempunctata* [59,66,76,97,106,157,158,170,171,174,176]
    tasmani [176]
    trifasciata perplexa [66]
    transversoguttata [66,76,157]
    transversoguttata richardsoni [66]
    undecimpunctata [66,76,176]
  Coccinula quattuordecimpustulata [66]
  Coleomegilla maculata [66]
    maculata lengi [66]
Coleophora chinensis [66,174]
    **saucia* [66]
  Cycloneda munda [66]
    sanguinea [66,176]
  Cydonia lunata var. *geisha* [66]
  Exochomus flavipes [66]
    quadripustulatus [66]
  Harmonia axyridis [66]
    doublieri [66,176]
  Hippodamia convergens [66,76,176]
    parenthesis [66]
    quinquesignata [76]
    tredecimpunctata [66]
    tredecimpunctata tibialis [66]
  Illeis cincta [66,176]
**Leis axyridis* [66,174]
    conformis [66]
    **dimidiata* [174]
  **Lemnia biplagiata* [66,74]
    **swinhoei* [66,174]
  **Menochilus sexmaculatus* [66,174]
  Olla abdominalis [66]
  **Platynaspidius maculosus* [174]
  Propylaea quatuordecimpunctata [66,71,76]
    **japonica* [66,174]
  **Pseudaspidimerus japonensis* [174]
  **Scymnus* sp. [174]
    bicolor [76]
    frontalis quadripustulatus [66]
    **hoffmanni* [66,174]
    marginicollis [173]
    melsheimeri [66,176]
    notescens [69]
    nubes [176]
    quadrillum [76]
    subvillosus [76,176]
  Synharmonia conglobata [66]
  **Synonycha grandis* [66,174]
  Thea vigintiduopunctata [76]
  Tytthaspis sedecimpunctata [66]

雙翅目 DIPTERA
  癭蠅科 Cecidomyiidae
    Aphidoletes aphidimyza [66]
      aphidivora [76]
      doutti [76]
      meridionalis [66,76,176]
      urticariae [76]
    Phaenobremia aphidimyza [119]
    Tribremia aphidophaga [76]
  食蚜虻科 Syrphidae
    Allograpta calopus [55]
      obliqua [66,76,176]
    **Asarcina aegrota* [174]
    Baccha clavata [66]
    Eupeodes volucris [176]
    **Epistrophe balteata* [174]
      **horishana* [174]
    Episyrphus balteatus [59,172]
    Lasiopticus pyrastri [176]
    Ischiodon aegyptium [66]

表 12.（續）

*scutellaris (66,174)	balteatus (76)
Melanostoma mellinum (76)	bilineatus (66)
*orientale (66)	corollae (76,97)
scalare (66)	luniger (66)
*univittatum (66)	omogensis (66)
Mesograpta marginata (66,76)	opinator (176)
*Metasyrphus confrater (174)	rectus (76)
*corollae (174)	ribesii (76,170)
meadii (66)	*serarius (76,174)
nitens (66)	torvus (66)
Neocnemodon auripleura (66)	*vitripennis (76,174)
Paragus quadrifasciatus (76)	viridiceps (176)
*serratus (66)	*Paraxanthogramma nakamurae (174)
*tibialis (66)	Xanthogramma aegyptium (76)
Platychirus immarginatus (66)	*citrofasciatum (66,174)
manicatus (76)	pfeifferi (76)
quadratus (76)	pruthii (76)
scutatus (76)	scutellaris (34,66,76)
urakawaensis (66)	蚜小蠅科 Chamaenyiidae
Scaeva albomaculatus (66)	*Leucopis sp. (76,174,176)
pyrastri (76)	formosana (66)
selenitica (66)	glyphinivora (66)
Sphaerophoria cylindrica (76)	ninae (66)
*formosana (174)	
indiana (76)	蟎蜱目 ACARINA
javana (76)	地蟎科 Erythraeidae
menthastri (76)	Bochartia kuyperi (66)
robusta (76)	Leptus sp. (76)
scripta (76,176)	Thisumena lepida (66)
Syrphus sp. (176)	Trombidiidae
adligatus (66)	Allothrombium fuliginosum (76)
aino (76)	

* 臺灣記錄種 (Recorded in Taiwan)

（一）瓢蟲類：捕食桃蚜之瓢蟲以七星瓢蟲（*Coccinella septempunctata*）最為重要，其生活習性與捕食潛能研究頗多。Sundby 在挪威報告其幼蟲在發育全期之捕食量每隻可捕食桃蚜 399～425 隻[170]；Shands 在美國觀察其每隻幼蟲在發育全期中之捕食桃蚜數量，更高達 619～750 隻[157]。Markkula 在芬蘭室內進行桃蚜防治試驗時發現每株菊花平均有 7 隻該種瓢蟲存在時，其防治效果與施藥 2 次一樣[106]。陶與邱報導本省七星瓢蟲幼蟲在甘藍上極為常見，其幼蟲全期每隻可捕食桃蚜 469～735 隻，偽菜蚜 712～833 隻[174]。

（二）草蜻蛉類：草蜻蛉捕食桃蚜之研究以 *Chrysopa carnea* 為最多。Adashkevich

與 Kuzina 在蘇聯發現其在番茄上對桃蚜之防治率達 72%。其在胡椒上捕食桃蚜6天，即可使胡椒產量提高 13%[26]。Hassan 報告草蜻蛉與桃蚜之數量比為 1：5 時，可在2至5星期內將桃蚜完全防治；若在 1：10 或 1：20 之情況下，亦會使桃蚜顯著減少[74]。Dirimanov 與 Dimitrov 在保加利亞觀察其在幼蟲期每隻可捕食桃蚜 600～950 隻[58]。本省除 *C. carnea* 外，常見者尚有臺灣草蜻蛉(*C. septempunctata*) 與安平草蜻蛉(*C. boninensis*)，其幼蟲期可分別捕食桃蚜 758～1064 隻與 392～595 隻[20,174]。

（三）食蚜虻類：捕食桃蚜之食蚜虻全球記錄約有57種，臺灣產者約14種。黑色食蚜虻(*Syrphus serrarius*) 在臺灣平地冬季較為活躍，海拔 1500～2500m 之山區則以夏季較為活躍，其幼蟲期每隻可捕食桃蚜 336～672 隻[134]。

此外，如花椿象科 (Anthocoridae)、癭蠅科 (Cecidomyiidae) 等據 Van Emdan 報導亦屬桃蚜之有效天敵[66]。

桃蚜生物防治實例

本省迄目前為止，有系統或較完整之桃蚜生物防治資料尚付厥如。國外有關之資料雖多，但均偏重於桃蚜天敵之捕食或寄生行為，捕食量或寄生率以及藥劑對天敵之影響等基本研究。其在十字花科蔬菜方面之生物防治尚無所見。僅在馬鈴薯與甜菜方面有些報導，茲舉例如下：

Shands 等氏將七星瓢蟲 (*Coccinella septemunctata*) 與草蜻蛉 *C. carnea* 之卵或初孵化幼蟲，接在田間馬鈴薯植株上，發現此二種天敵在桃蚜發生之高峯期防治率分別為 80 與 89%，氏等認為此等天敵可以延緩桃蚜族群之增殖，且可使桃蚜在發生盛期族群不致上升[158]。

Tamaki 與 Weeks 觀察瓢蟲 *Coccinella transversoguttata* 與 *Hippodamia convergens*，擬刺椿 *Nabis americaferus* 與 *N. alternatus* 及草蜻蛉 *C. carnea* 等在甜菜上控制桃蚜族群之情形。氏等認為瓢蟲對桃蚜有極佳之防治效果。至於應用在蔬菜方面必須設法阻止瓢蟲之成蟲飛離菜園，才可確保其捕食效果[172]。

偽菜蚜之生物防治

偽菜蚜乃本省十字花科蔬菜之專食性害蟲，於颱風季節過後，氣候乾旱時節發生最烈，如不及時防治常使菜苗枯死[19]。偽菜蚜之天敵全球記錄者約 39 種，而在本省菜園發現者約 11 種。

偽菜蚜之寄生性天敵

偽菜蚜之寄生性天敵全球記錄有8種（表13），均屬於蚜繭蜂科 (Aphidiidae)。本省

寄生於桃蚜之岐阜蚜繭蜂 (*Aphidius gifuensis*) 與黃褐蚜繭蜂 (*Diaeretiella rapae*) 偶而亦寄生於偽菜蚜，但寄生率不高[20]。偽菜蚜寄生天敵之國外研究資料甚少。

表 13. 已記錄之偽菜蚜寄生性天敵

Table 13. Recorded parasitoids of *Lipaphis erysimi* Kalt.

膜翅目 HYMENOPTERA
  蚜繭蜂科 Aphidiidae
    **Aphidius gifuensis* [20,174]
    **Diaeretiella rapae* [20,32,33]
    Ephedrus sp. [167]
      incompletus [104]
      **persicae* [167]
    Lipolexis gracilis [104]
    Lysaphidus erysimi [104]
    Lysiphlebus testaeipes [104]

* 臺灣記錄種 (Recorded in Taiwan)

偽菜蚜之捕食性天敵

偽菜蚜捕食性天敵全球記錄約 31 種。內本省產者 8 種 (表14) 。以草蜻蛉、瓢蟲及食蚜虻最為重要。七星瓢蟲 (*Coccinella septempunctata*) 、六條瓢蟲 (*Menochilus sexma-*

表 14. 已記錄之偽菜蚜捕食性天敵

Table 14. Recorded predators of *Lipaphis erysimi* Kalt.

半翅目 HEMIPTERA
  花椿象科 Anthocoridae
    Orius tristicolor [76]

脈翅目 NEUROPTERA
  草蜻蛉科 Chrysopidae
    **Chrysopa bonenensis* [20,174]
      **formosana* [20,174]
      scelestis [76]

鞘翅目 COLEOPTERA
  瓢蟲科 Coccinellidae
    Adonia variegata [76]
    Brumoides suturalis [118]
    **Coccinella repanda* [20,118,174]
      **septempunctata* [20,33,76,174]
      transversoguttata [76]
      undecimpunctata [76]
    Coleomegilla maculata [76]
    Hippodamia convergens [76]
    Leis conformis [76]
    **Menochilus sexmaculatus* [20,90]
    Scymnus syriacus [76]

雙翅目 DIPTERA
  食蚜虻科 Syrphidae
    Allograpta obligua [76]
    **Ischiodon scutellaris* [20,150]
    Mesograpta marginata [76]
    Metasyrphus (Syrphus) confrater [150]
    **Sphaerophoria cylindrica* [20]
      menthastri [76]
      robusta [76]
    Syrphus aino [76]
      americanus [76]
      balteatus [76,150]
      corollae [76]
      isaaci [76]
      ribesii [76]
      **serrarius* [20,76]
    Xanthogramma scutellare [76,90]

鶺鴒 WAGTAIL
    Motacilla caspica [180]

* 臺灣記錄種 (Recorded in Taiwan)

culatus）、黑點食蚜虻（*Epistrophe balteatus*）及刺腿食蚜虻（*Ischiodon scutellarius*）等對本省偽菜蚜族群之抑制均極有效[20]。七星瓢蟲、六條瓢蟲與食蚜虻 *Metasyrphus confrator* 在印度亦被認為偽菜蚜之有效天敵。Srivastava 等氏曾測定七星瓢蟲之捕食偏好性，發現其幼蟲與成蟲最嗜食偽菜蚜[167]。Nath 與 Sen 亦觀察該種瓢蟲之捕食情形，發現其在 24.4～26.7°C 及 RH 60%，24 小時內每隻成蟲可捕食偽菜蚜 95～104 隻[118]。Sharma 在室內觀察六條瓢蟲每隻成蟲在 24 小時內可捕食偽菜蚜 31.3 隻[161]。

Atwal 等氏於 1971 年發表偽菜蚜與其捕食性天敵之季節性族群變動情形，發現偽菜蚜在其捕食性天敵，七星瓢蟲、食蚜虻 *Eristalis obscuritarsus* 及寄生性天敵，黃褐蚜繭蜂（*D. rapae*）出現時，其族群均會減少[33]。筆者等以為偽菜蚜之發生密度受氣象因子、天敵、蔬菜品種、菜田施藥甚至田間不同種蚜蟲族群間之競爭等影響甚大。如能將天敵與上述各項因子妥善地配合使用，當可充分發揮其生物防治功能。

害蟲天敵受其他防治因素之影響

一、殺蟲劑：使用藥劑防治害蟲往往同時毒及害蟲天敵。在十字花科蔬菜害蟲方面亦不乏實例。茲選取下列數例為證。

1. 藥劑對於天敵之毒害程度，因種類不同而差異極為顯著：Kirknel 測定 7 種藥劑經由食物鏈或直接觸殺法對桃蚜捕食性天敵七星瓢蟲（*Coccinella septempunctata*）與食蚜虻 *Metasyrphus corollae* 之毒性[97]，Hamilton 與 Attia 測定 11 種藥劑對菜白蝶寄生蜂 *A. glomeratus* 之毒性[72] 以及本省之范與何、張等亦測定 12 種藥劑對小菜蛾寄生蜂 *A. plutellae* 之毒性[14,21]。結果顯示藥劑間對捕食性及寄生性天敵之毒害程度均呈顯著差異。又 Trichlorphon, DDT, Methyl parathion 等劑對小菜蛾寄生蜂之影響，經 Adashkevich 測定知姬蜂 *Diadegma fenestralis* 與 *Diadromus subtilicornis* 較不受藥劑影響，而小繭蜂 *Apanteles* spp. 易被 Trichlorphon 殺死。DDT 與 Methyl parathion 可使寄生蜂數目大幅降低，前者須一個月後才能恢復，後者寄生率在 10 天後才開始回升[25]。除蟲菊精（Fenvalerate 與 Permethrin）與有機磷劑（Sulprofos 與 Profenofos）對甘藍擬尺蠖之寄生蜂 *Apanteles marginiventris* 或捕食性天敵如長椿象 *Geocoris punctipes*、椿象 *Podisus maculiventris* 及瓢蟲 *Hippodamia convergens* 等之毒性亦經 Wilkinson 等氏測定，得知此類天敵之存活率在 2 種除蟲菊精之處理下為 42～82%，而有機磷劑則為 14～29%[191]。

2. 天敵蟲齡不同對藥劑之忍受性亦有差異：Adashkevich 在烏克蘭試驗，得知羽化後 2～4 小時之小菜蛾寄生蜂 *Apanteles* spp. 對 Trichlorphon 最為敏感[25]，范與何則發現小菜蛾寄生蜂 *Apanteles plutellae* 之老熟幼蟲與蛹對藥劑忍受性較強[14]，Kirknel 亦

發現七星瓢蟲（*Coccinella septempunnctata*）與食蚜虻 *Metasyrphus corollae* 之成蟲與生長天數較多之幼蟲對藥劑較有忍受性[97]。

3. 藥劑施用過多導致害蟲對藥劑產生抗性，而害蟲天敵亦會對藥劑產生忍受性：馬來西亞防治小菜蛾，每週用藥3次，而且 65% 是以多種藥劑混合使用，但小菜蛾照樣發生，可見其抗藥性之強。其被 *A. plutellae* 寄生者仍達 23.1～52.9%，Ooi 與 Sudderuddin 推測寄生蜂對藥劑已產生忍受性[125]。

二、蘇力菌：本劑對鱗翅類害蟲有強烈之致病能力，且特具選擇性，施用得法可不致毒及害蟲天敵。Biache 曾將含有蘇力菌之蜜水餵飼鱗翅類害蟲蛹寄生姬蜂 *Pimpla insitigator* 之成蟲，發現並無不良影響[41]。嚴與蕭將小繭蜂 *A. plutellae* 產卵過小菜蛾幼蟲餵食蘇力菌處理過之葉片，發現在接蜂後第四天處理，寄主與天敵都在2天內死亡，若在第八天處理，則寄生蜂之化蛹率仍高達 82.2%，兩氏建議使用小繭蜂與蘇力菌進行綜合防治時應注意及此[24]。

三、病毒：本劑在農作物害蟲綜合防治方面甚屬重要，其寄主範圍較蘇力菌更小。對害蟲天敵較為安全。在鱗翅類幼蟲之防治方面甚具潛力。

菲律賓（Laigo 與 Paschke）與紐西蘭（Kelsey）均觀察病毒對蛹金小蜂之影響。得悉病毒雖不直接破壞寄生蜂之體軀組織，但却因寄主染毒而阻碍寄生蜂之發育，少數倖能順利發育之寄生蜂，則有個體較小，壽命縮短及性比改變等現象[92,100]。

Battu 將花椰菜上斜紋夜盜蟲之寄生蠅 *Parasarcophaga misera* 幼蟲浸在病毒抽出液24小時，另將病毒注入寄生蠅幼蟲體內，均證實寄生蠅之化蛹與羽化不受病毒之影響[36]。

Beegle 與 Oatman 報導甘藍擬尺蠖幼蟲被姬蜂 *Hyposoter exiguae* 寄生後感染核多角體病毒其半致死劑量（LD_{50}）為未被寄生蜂寄生者之5倍，其半致死時間（LT_{50}）亦較未被寄生者為長[37]。兩氏又報導寄主幼蟲被姬蜂寄生後，又被病毒感染，如兩者相隔時間較長，則姬蜂之存活率較高。姬蜂在染毒寄主體內與在健康寄主體內之產卵數相似，但前者幼蟲發育較快，其蛹期、羽化率、壽命及生殖率等均無差別。從染毒寄主體內發育而得之雌、雄蜂都可帶毒（40～90%）並使健康寄主致病（65～21%）。若從健康寄主體內發育之雌蜂、產卵於染毒寄主後，其傳毒率約為60%，致病率約6%[38]。

四、昆蟲荷爾蒙合成劑：青春激素類似劑（Juvenile Hormone Analogue）、模仿劑（Juvenile Hormone Mimic）或昆蟲生長調節素（Insect Growth Regulator）等，其作用在使幼蟲化蛹時，因蛻皮受阻而致死。此劑對害蟲天敵之影響，曾經多人進行試驗。如 Wilkinson 與 Ignoff 以 JHA 之 R 020—3600 處理菜白蝶再供 *Apanteles rubecula* 寄生[192]，Smilowitz 等氏以 JHM 餵食已被 *Hyposoter exiguae* 寄生之甘藍擬尺蠖[166]。Scheurer 等氏以 IGR 之 CGA 13353, 34301 及 34302 處理已被 *Diadegma fenestralis*

寄生之小菜蛾幼蟲[153]、邱等亦在網室用 IGR ZR-512 處理小菜蛾幼蟲[12]。結果均顯示昆蟲荷爾蒙雖無法完全防治害蟲，但其對寄生天敵成蟲之羽化，生活史長短及性比等無顯著影響。Scheurer 等氏認為在害蟲綜合防治中使用此劑可長期抑制害蟲之發生[153]。但 Smilowitz 等氏於寄生蜂將化蛹時，用 2 或 20 μg 之 JHM 局部點滴處理甘藍擬尺蠖，發現寄生蜂 *Hyposoter exiguae* 之發育延長，且有 5～95% 之成蜂死亡，氏等乃強調施用 JHA 須配合寄生蜂之發育期[166]。

結　　語

生物防治應用於樹木害蟲似乎較為適合。蔬菜害蟲之生物防治因受產品品質要求過高之限制而比較困難。尤其蔬菜生長期短，田間頻頻種植和收穫，常使害蟲與天敵之族群延續及其相互關係受影響。但在人為之妥善安排下，蔬菜害蟲之生物防治仍然可予考慮。茲將害蟲天敵利用之數項基本觀念，簡要提供參考。

一、害蟲與其天敵之基本研究：

1. 害蟲與其天敵之生態研究：不論在引進害蟲天敵之前或後，對於害蟲與其天敵之生態研究極為重要。複雜之生態系統、地區品系以及生態環境等均須一一加以分析與考慮，否則易遭失敗。例如 1932 至 1934 年間，紐西蘭從歐洲引進菜白蝶 *Pieris brassicae* 之有效天敵小繭蜂 *Apanteles glomeratus* 用於防治菜白蝶（*Pieris rapae*），未獲成功。後從美國引進 *P. rapae* 之寄生蜂 *A. glomeratus* 始獲得立足[53]。又如卵寄生蜂之釋放，其寄生率受寄主卵之密度[108]、寄主發育程度[107,154]、溫度[42]、降雨、寄生蜂尋找寄主之能力，對寄主之適應性、寄主之棲所以及釋放之數目等之影響[108]。又如食性方面，捕食性天敵之捕食對象多半不專一，所以使用一種捕食性天敵時，其在田間之捕食對象無法限定。而且田間往往有數種食餌昆蟲（preys）同時存在，其捕食力因而分散。此外，捕食性天敵多有自相殘殺之習性。其捕食效果多少會受影響。

2. 天敵之引進，大量飼育與釋放技術：當本地天敵無法將其寄主或食餌昆蟲密度抑低在經濟為害水平以下時，可以考慮自外地引進害蟲新天敵。例如菜白蝶（*P. rapae*）在美國原有小繭蜂 *A. glomeratus* 與蛹金小蜂（*P. puparum*）兩種寄生天敵，雖其分布廣，發生多，但對菜白蝶未能作有效之抑制，故仍從國外引進另一種小繭蜂 *A. rubecula* 與毛小蜂 *Trichogsamma evanescens* 始達防治之目的。天敵引進後為使其能適時釋放與獲得立足。人工飼料之調配、寄主昆蟲與天敵之大量飼育技術等都須先行解決，至於釋放天敵時，則應注意及適時與適量，使天敵之蟲期與寄主昆蟲發育之同律性（synchronization）無偏差。至於田間之溫度、降雨量、害蟲之寄主植物以及如何維持田間環境以維護天敵之生存與繁衍

等均應詳加考慮。

3. 勿將害蟲天敵之敵蟲引進：寄生性或捕食性天敵在其原產地常有其敵蟲存在，故引進某種天敵時應特別注意，勿將新天敵，或已在引進地立足之寄生性天敵之重複寄生蜂，或捕食性天敵之寄生、或捕食天敵與新天敵同時引進。否則將影響及新引進天敵或當地天敵之生物防治成效。 1973 至 1974 年邱與錢在臺北菜園調查得小菜蛾寄生蜂 *A. plutallae* 之重複寄生 10 種，其中以黃金小蜂 *Eupteramalus* sp.，姬蜂 *Diatora prodeniae* 及圓腹卵蜂 *Calliceras* sp. 較為普遍。其在小繭蜂發生初期之重複寄生率約 11.36%，中期約 30%，末期約增至 53%(8)。 Parker 等氏報導菜白蝶寄生蜂 *A. glomeratus* 在美國之重複寄生有 12 種，寄生率約 56%。 *A. rubecula* 亦有 6 種重複寄生，其寄生率可達 72.4%(128)。故在寄生蜂或捕食性天敵之利用方面，不論引進、輸出、增殖或釋放都應對其本身之天敵嚴加注意。

二、天敵與殺蟲劑之配合使用：

許多試驗證明防治害蟲用之農藥對於害蟲天敵之毒害程度各有不同。如能選用對害蟲有效而對其天敵較為安全之藥劑則極理想。 Wan 報導在沙撈越小菜蛾發生初期因施用非選擇性藥劑，其天敵 *Apanteles plutellae* 幾乎絕跡，但 6、7 週後，寄生率却高達 82.7% (187)。筆者等確信使用藥劑防治害蟲，應儘量降低施藥濃度與採用局部施藥以利天敵之生存。 Wilkinson 等氏曾極力推薦對天敵低毒之除蟲菊精 (Fenvalerate) 在害蟲綜合防治中使用(191)。至於一般殺蟲藥劑以外之殺蟲劑如蘇力菌、病毒及昆蟲荷爾蒙合成劑等，若與害蟲天敵綜合使用時，雖然對天敵無明顯之不良影響，但因其使用目的都在使害蟲致死，若有使用不當，仍可危及天敵生存，影響其防治效果。

三、害蟲天敵與農業防治法之配合使用：

蔬菜乃生長期短之集約栽培作物，菜園因時常進行種植管理，使害蟲與天敵間之自然平衡被破壞而使天敵立足困難。所以生物防治與農業防治之配合極為重要。耕作方法如耕犂、灌水、燒田及輪作等均為防治害蟲之有效方法，但同時亦能損及天敵在田間之保育(conservation) 。故耕作時應瞭解天敵之習性，而予以適當之保護。此外，應注意田間作物種類之變化，因而對天敵提供合適之轉換寄主 (alternate host) 或食料來源、越冬與避難棲所等。田間之特殊雜草種類、蔬菜種植期之調節，甚至種植方式之改變等都有可能維護天敵之生存。

四、天敵與蔬菜抗蟲品種之配合使用：

蔬菜人人必食，就營養價值而言，生食蔬菜值得提倡。事實上為了治蟲而施用種種殺蟲劑，導致蔬菜之被污染與農藥殘留量等問題，嚴重威脅食用者之心理與健康。故如能育成蔬

菜抗蟲品種，在此等抗性品種上害蟲之發生密度較低，有利於害蟲天敵之發揮防治效果。不然害蟲密度過高，天敵無法即時發揮其抑制效果，勢須施用農藥以防蔬菜之受害過烈。

引用文獻

1. 朱耀沂　1970　小菜蛾 *Plutella xylostella* Linne 之生物防治　蔬菜害蟲學術討論會：85—87　國立臺灣大學農學院昆蟲研究室編。
2. 朱耀沂、朱清玫　1975　黃斑粗喙椿象（*Eocanthecona furcellata* (Wolff)）食性之研究　植保會刊　17(1)：133～141。
3. 吳國家　1968　小菜蛾之形性觀察及其天敵考查　農業研究　17：1—14。
4. 邱瑞珍、周樑鎰　1976　斜紋夜盜蟲（*Spodoptera litura* Fab.）之寄生蜂　中華農業研究　25(3)：227—241。
5. 邱瑞珍、周樑鎰、吳文哲　1978　臺灣甘藷鱗翅類害蟲寄生性天敵之調查初報　中華農業研究　27(1)：61—66。
6. 邱瑞珍、裘曙舟、錢景泰、張良傳、周根清　1973　小菜蛾寄生蜂之大量繁殖與釋放　省農試所年報　(61)：111—112。
7. 邱瑞珍、錢景泰　1972　小菜蛾（*Plutella xylostella* Linnaeus）幼蟲寄生小繭蜂（*Apanteles plutellae*）之觀察　植保會刊　14：145—152。
8. 邱瑞珍、錢景泰　1976　小菜蛾幼蟲寄生小繭蜂之重複寄生　省農試所年報　(64)：75。
9. 邱瑞珍、錢景泰、周根清　1973　害蟲天敵之引進與國際交換　省農試所年報　(61)：113。
10. 邱瑞珍、錢景泰、張良傳、周根清、林逢山　1974　小菜蛾寄生蜂之大量繁殖與釋放　省農試所年報　(62)：87—88。
11. 邱瑞珍、錢景泰、張良傳、周根清、周樑鎰　1975　小菜蛾寄生蜂之大量繁殖與釋放　省農試所年報　(63)：92。
12. 邱瑞珍、錢景泰、張良傳、周根清、周樑鎰　1977　昆蟲生長調節素 Altozar 對於小菜蛾之防治試驗　省農試所年報　(65)：97—98。
13. 邱瑞珍、錢景泰、張良傳、周根清、裘曙舟　1974　小菜蛾寄生小繭蜂之大量繁殖與田間釋放　農業研究　23：48—59。
14. 范幸惠、何鎧光　1971　小菜蛾小繭蜂（*Apanteles plutellae* Kurd.）生活習性、繁殖方法及幾種殺蟲劑對其影響之初步研究　植保會刊　13：156—161。
15. 姚善錦、陶家駒　1972　蚜蟲之天敵　省立博物館科學年刊　15：25—28。
16. 秦登　1974　小菜蛾發生消長與環境因子關係研究　臺灣農業　10(4)：81—84。
17. 高學文　1974　小菜蛾研究成果概觀　科學農業　22：45—55。
18. 陶家駒　1964　記最近成災之普通白紋蝶 *Pieris rapae crucivora* Boisduval　植保會刊　6(2)：86。
19. 陶家駒　1966　蔬菜害蟲　劉廷蔚先生六十歲紀念文集：195—226。

20. 陶家駒 1972 十字花科蔬菜蚜蟲綜合防治報告 臺灣農業 8(4)：140—154。
21. 張良傳 1974 殺蟲劑對小菜蛾小繭蜂(*Apanteles plutellae*)之毒性測定 農業研究 23：143—148。
22. 裘曙舟 1971 臺灣菜粉蝶寄生天敵之調查 農業研究 20(3)：75—81。
23. 嚴奉琰 1973 臺灣害蟲之天敵 106pp. 臺大植物病蟲害系昆蟲研究室編。
24. 嚴奉琰、蕭文鳳 1977 微生物病原與化學殺蟲劑混合使用對小菜蛾之效應 中華民國農學團體66年度聯合年會特刊：114～128。
25. Adashkevich, B. 1966. Conservation of parasites of the cabbage moth in chemical control. Zashch. Rast. 1966 (6):21—22. (RAE(A) 56:216).
26. Adashkevich, B.P. and N.P. Kuzina. 1974. Chrysopids in vegetable crops. Ibid. 1974 (9):29—29. (RAE(A) 64:1771).
27. Aledsidze, G. N. 1970. The two-spotted ladybird, Ibid. 15(6):12. (RAE(A) 61:631—632).
28. Arthur, A. P. and A. B. Ewen. 1975. Cuticular encystment: a unique and effective defense reaction by cabbage looper larvae against parasitism by *Banchus flavescens* (Hymenoptera: Ichneumonidae). Ann. Ent. Soc. Amer. 68(6):1091—1094.
29. Arzet, H. R. 1973. Searching behaviour of the larva of *Chrysopa carnea* Steph. (Neuroptera: Chrysopidae). Zeitsch. Ang. Ent. 74(1):64—79. (RAE(A) 63:1375).
30. Ashby, J. W. 1974. A study of arthropod predation of *Pieris rapae* L. using serological and exclusion techniques. J. Appl. Ecol. 11(2):419—425. (RAE(A) 63:961).
31. Ashby, J. W. and R. P. Pottinger. 1974. Natural regulation of *Pieris rapae* Linnaeus (Lepidoptera: Pieridae) in Canterbury, New Zealand. New Zealand J. Agric. Res. 17(2):229—239.
32. Atwal, A. S., J. P. Chaudhary and M. Ramzan. 1969. Some preliminary studies in India on the bionomics and rate of parasitization of *Diaeretiella rapae* Curtis (Hymenoptera: Braconidae) a parasite of aphids. J. Res. Punjab agric. Univ. 6(1)(suppl):177—182. (RAE(A) 58:290).
33. Atwal, A. S., J. P. Chaudhary and M. Ramzan. 1971. Mortality factors in the natural population of cabbage-aphid. *Lipaphis erysimi* (Kalt.) (Homoptera: Aphididae), in relation to parasites, predators and weather conditions. Indian J. Agric. Sci. 41(5):507—510.
34. Baltazar, C. R. 1964. Biological association of three insect species found in a tobacco field. Philipp J. Agric. 28(1—2):63—69. (RAE(A) 55:185).
35. Barry, R. M., J. H. Hatchett and R. D. Jackson. 1974. Cage studies with predators of the cabbage looper, *Trichoplusia ni*, and corn earworm,

Heliothis zea, in soybeans. J. Georgia Ent. Soc. 9(2):71—78. (RAE(A) 63:959).

36. Battu, S. 1977. Occurrence of *Parasarcophaga misera* (Walker) and *Campoletis* sp. as parasites of *Spodoptera litura* (Fabricius) from India. Curr. Sci. 46(16):568—569.

37. Beegle, C. C. and E. R. Oatman. 1974. Differential susceptibility of parasitized and nonparasitized larvae of *Trichoplusia ni* to a nuclear polyhedrosis virus. J. Invert. Patho. 24(2):188—195.

38. Beegle, C. C. and E. R. Oatman. 1975. Effect of a nuclear polyhedrosis virus on the relationship between *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae) and the parasite, *Hyposoter exiguae* (Hymenoptera: Ichneumonidae). Ibid. 25(1):59—71.

39. Beglyarov, G. A. and A.T. Ushchekov. 1974. Experimentation and outlook for the use of chrysopids. Zashch. Rast. 1974(9):25—27 (RAE(A) 64: 1770).

40. Bennett, F. D. and M. Yaseen. 1972. Parasite introductions for the biological control of three insect pests in the Lesser Antilles and British Honduras. PANS 18(4):468—474.

41. Biache, G. 1975. Effects of *Bacillus thuringiensis* on *Pimpla instigator* (Ichneumonidae-Pimplinae). Ann. Soc. Ent. France 11(3):609—617 (RAE(A) 64:1668).

42. Biever, K. D. 1972. Effect of temperatures on the rate of search by *Trichogramma* and its potential application in field released. Environ. Ent. 1(2):194—197.

43. Boling, J. C. and H. N. Pitre. 1971. Hostal plant preference for oviposition by *Trichoplusia ni*, and efficiency of *Apanteles marginiventris* as a populational regulator of *T. ni.* in fieldcage tests. J. Econ. Ent. 64(2):411—412.

44. Bonnemaison, L. 1965. Insect pests of crucifers and their control. Ann. Rev. Ent. 10:233—256.

45. Bosch, R. van den, G. Oscar Beingolea, M. Hafez and L. A. Falcon. 1976. Biological control of insect pests of row crops. *In* Huffaker, C. B. & P. S. Messenger (eds.) Theory and practice of biological control. pp. 443—456. Academic Press, New York.

46. Brubaker, R. W. 1968. Seasonal occurrence of *Voria ruralis*, a parasite of the cabbage looper, in Arizona, and its behavior and development in laboratory culture. J. Econ. Ent. 61(1):306—309.

47. Buriff, C. R. and D. G. Davis. 1974. Tachinid flies captured in traps for

apple maggot. Environ. Ent. 3(3):572.

48. Butler, G. D. Jr. 1958. Tachinid flies reared from Lepidopterous larvae in Arizona, 1957. J. Econ. Ent. 51(4):561—562.

49. Chacko, M. J. 1968. *Macromalon* sp., a parasite of *Plutella maculipennis* (Curtis) in Assam (India). Tech. Bull. Commonw. Inst. biol. Control (10):97—102. (RAE(A) 58:745).

50. Cherian, M. C. and C. K. Subramanian 1940. *Tetrastichus ayyari* Rohw.—A pupal parasite of some moth-borers in South India. Indian J. Ent. 2(1):75—77.

51. Chou, L. Y. 1979. Notes on *Apanteles* (Hymenoptera: Braconidae) of Taiwan (I). J. agric. Res. China 28(4):299—310.

52. Clancy, D. W. 1969. Parasitization of cabbage and alfalfa loopers in southern California. J. Econ. Ent. 62(5):1078—1083.

53. Clausen, C. P. (ed.) 1978. Introduced parasites and predators of arthropod pests and weeds: A world review. USDA Agric. Handbook 480:224—226, 240—242.

54. Constantineanu, M. I. and G. Mustata. 1972. Ichneumonids (Hymenoptera: Ichneumonidae) new to the Rumanian fauna. Rev. Roumaine Biol. Zool. 17(2):87—95. (RAE(A) 61:60—61).

55. Daiber, C. C. 1971. Cabbage aphids in South Africa: Their parasites, predators and disease. Phytophylactica. 3(4):137—146. (RAE(A) 62: 147).

56. Dempster, J. P. 1967. The control of *Pieris rapae* with DDT. I. The natural mortality of the young stages of *Pieris*. J. Appl. Ecol. 4(2):485—500.

57. Dimetry, N. Z. 1976. Studies on the cannibalistic behaviour of the predatory larvae of *Adalia bipunctata* L. (Col., Coccinellidae). Zeitsch. Ang. Ent. 81(2):156—163. (RAE(A) 65:527).

58. Dirimanov, M. and A. Dimitrov. 1975. Role of useful insects in the control of *Thrips tabaci* Lind. and *Myzodes persicae* Sulz. on tobacco. *In* VIII Internation plant protection congress, Moscow 1975. Reports and informations. section V, Biological and genetic control.: 71—72. Moscow, USSR, (RAE(A) 65:273).

59. Dunning, R. A.; A. N. Baker and R. F. Windley. 1975. Carabids in sugar beet crops and their possible role as aphid predators. Ann. Appl. Biol. 80(1):125—128. (RAE(A) 64:245).

60. Easwaramoorthy, S., S. Chelliah and S. Jayaraj. 1976. *Aphidius platensis* Brethes, a potential parasite on *Myzus persicae* (Sulz.) Madras Agric.

J. 63(3):182—183. (RAE(A) 66:403).

61. Edland, T. 1976. Effectiveness of insecticides at different concentrations on aphids and natural enemies. Forsk. For. Landbru. 27:683—699. (RAE(A) 66:36).

62. Ehler, L. E. 1977. Parasitization of cabbage looper in California cotton. Environ. Ent. 6(6):783—784.

63. Ehler, L. E., K. G. Eveleens and R. Bosch van den. 1973. An evaluation of some natural enemies of cabbage looper on cotton in California. Ibid. 2(6):1009—1015.

64. Ehler, L. E. and J. C. Miller. 1978. Biological control in temporary agroecosystems. Entomophaga 23(3):207—212.

65. Elliott, W. M. 1973. A method of predicting short term population trends of the green peach aphid, *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae), on potatoes. Can. Ent. 105(1):11—20.

66. Emden, H. F. van, V. F. Eastop, R. D. Hughes and M. J. Way. 1969. The Ecology of *Myzus persicae.* Ann. Rev. Ent. 14:197—270.

67. Fedosimov, O. F. and D. Tsedev. 1970. The useful insects of Mongolia. Zashch. Rast. 15(6):51. (RAE(A) 61:614).

68. Gardner, J.C.M. 1940. The puparia of some Indian Tachinidae (Diptera). II. Indian J. Ent. 2(2):177—180.

69. Grylls, N. E. 1972. Aphid infestation and virus infection of peas and beans on the Central Tablelands of New South Wales. Austr. J. Exp. Agric. Anim. Husban. 12(59):668—674.(RAE(A) 64:1473).

70. Gunn, D. 1917. The small cabbage moth (*Plutella maculipennis* Curtis). Union S. Afr. Dept. Agr. Bull. 8:1—10. (RAE(A) 6:248).

71. Gurney, B. and N. W. Hussey. 1970. Evaluation of some Coccinellid species for the biological control of aphids in protected cropping. Ann. Appl. Biol. 65(3):451—458. (RAE(A) 59:287).

72. Hamilton, J. T. and F. I. Attia 1976. The susceptibility of the parasite *Apanteles glomeratus* (L.) (Hymenoptera: Braconidae) to insecticides. J. Ent. Soc. Australia (N. S. W.) 9:24—25. (RAE(A) 64:1935).

73. Harper Gray R. A. 1915. The prevention of diamond-back moth outbreaks. J. North England Hortic. Soc. (53—54):197—201. (RAE(A) 3:745).

74. Hassan, S. A. 1978. Releases of *Chrysopa carnea* Step. to control *Myzus persicae* (Sulzer) on egg plant in small greenhouse plots. Zeitsch. Pflanzenkrank. Pflanzensch. 85(2):118—123. (RAE(A) 66:626).

75. Hassan, S. T. 1976. Parasites of *Pieris rapae* L. in south-eastern Queensland. Queensland J. Agric. Anim. Sci. 33(1):73—76.

76. Herting, B. and F. J. Simmonds. 1972. A catalogue of parasites and predators of terrestrial arthropods. Section A. Host or prey/enemy. Volume II. Homoptera. 210 pp. Farnham Royal, UK; Commonwealth Agricultural Bureaux.

77. Herting, B. and F. J. Simmonds. 1975. Ibid. Vol. VI. Lepidoptera, Part 1 (Microlepidoptera). 218 pp.

78. Herting, B. and F. J. Simmonds. 1976. Ibid. Vol. VII. Lepidoptera, Part 2 (Macrolepidoptera) 221 pp.

79. Ho, C. L. 1962. A study on the Hymenopterous parasites of cabbage butterfly (*Pieris rapae* L.) in Nanking. (In Chinese.) Acta Ent. Sin. 11(1):45—58. (RAE(A) 51:286).

80. Hofsvang, L. 1976. Predation of *Anthocoris sibiricus* Reuter (Heteroptera: Anthocoridae) on *Myzus persicae* (Sulzer) at constant and fluctuating temperatures. Norwegian J. Ent. 23(2):139—142. (RAE(A) 65:1165).

81. Hofsvang, T. and E. B. Hagvar. 1975. Fecundity and oviposition period of *Aphidius platensis* Brethes (Hymenoptera, Aphidiidae) parasitizing *Myzus persicae* Sulz. (Homoptera, Aphididae) on paprika. Norwegian J. Ent. 22(2):113—116. (RAE(A) 64:1641).

82. Hokyo, N. and S. Kawauchi. 1975. The effect of prey size and prey density on the functional response, survival, growth and development of a predatory pentatomid bug, *Podisus maculiventris* Say. Res. popul. Ecol. 16(2):207—218. (RAE(A) 64:778).

83. Hsu, S. J. and W. K. Peng. 1975. The biological study on a braconida (*Microplitis manilae* Ashmead) parasitized on *Spodoptera litura* F. Nat. Taiwan Univ. Phytopath. Ent. (4):149—156.

84. Hunter, K. W. Jr. and A. Stoner. 1975. *Copidosoma truncatellum*: Effect of parasitization on food consumption of larval *Trichoplusia ni*. Environ. Ent. 4(3):381—382.

85. Ignoffo, C. M., C. Garcia, W. A. Dickerson, G. T. Schmidt and K. D. Biever. 1977. Imprisonment of entomophages to increase effectiveness: evaluation of a concept. J. Econ. Ent. 70(3):292—294.

86. Ito, Y., H. Yamanaka, F. Nakasuji and K. Kiritani. 1972. Determination of predator-prey relationship with an activable tracer, europium—151. Kontyn 40(4):278-283.

87. Jackson, C. G., G. D. Butler, Jr., and D. E. Bryan. 1969. Time required for development of *Voria ruralis* and its host, the cabbage lopper, at different temperatures. J. Econ. Ent. 62(1):69—70.

88. Jackson, C. G., E. G. Neemann and R. Patana. 1979. Parasitization of 6

lepidopteran cotton pests by *Chelonus blackburni* (Hymenoptera: Braconidae). Entomophaga 24(1):99—105.

89. Jessep, C. T. 1964. A note on the feeding habits of *Nabis capsiformis* Germar. N. Z. Ent. 3(3):23. (RAE(A) 55:187).

90. Joshi, F. L. and J. C. Sharma. 1973. Toxicity of certain insecticides to *Menochilus sexmaculatus* F. and *Xanthogramma (Ischiodon) scutellare* F. predating on mustard aphid, *Lipaphis erysimi* Kalt. JNKVV Res. J. 7(2):112—113. (RAE(A) 64:671—672).

91. Joshi, F. L. and J. C. Sharma. 1974. New record of a braconid, *Apanteles plutellae* Kurdj. parasitising the larvae of *Plutella xylostella* L. and *Trichoplusia ni* Hb. in Rajasthan. Indian J. Ent. 36(2):160.

92. Kelsey, J. M. 1961. Interaction of virus and insect parasites of *Pieris rapae* L. *In* proceedings of the eleventh international congress of entomology, Vienna, 17—25th August 1960. 2(13):790—796. (RAE(A)52: 245).

93. Kerrich, G. J. 1968. A new oriental parasite (*Macromalon orientale* sp. n.) of the diamond-back moth *Plutella xylostella* (L.) (*maculipennis* (Curt.)) in India (Hymenoptera: Ichneumonidae). Orient. Insects 1(3—4):193—196.

94. Kharizanov, A. and A. Dimitrov. 1972. Some biological characteristics of *Chrysopa carnea*. Rast. Zashch. 20(11):36—38. (RAE(A) 63:1097).

95. Khristova, E. 1957. *Plutella maculipennis* Curt. and its control. Nauchni Trud. Minist. Zemedel. 1:239—255. (RAE(A) 46:328).

96. Khristova, E. 1973. An efficient parasite of *Myzus persicae* in the greenhouse. Rast. Zashch. 21(10):13—14.(RAE(A) 64:121).

97. Kirknel, E. 1975. The effect of various insecticides in laboratory experiments with two aphid predators, the seven spotted ladybird (*Coccinella septempunctata* (L.) and larvae of hoverflies (*Metasyrphus corollae* Fabr.) Tidssk. Plant. 79:393—404. (RAE(A) 65:522).

98. Kopvillem, K. G. 1960. Material for the study of parasites of the cabbage cutworm and the cabbage moth in the Moscow region. Rev. Ent. 39(4): 806—818. (RAE(A) 50:244).

99. Krishnamuti, B. 1954. Some insect parasites of economic importance noted in Mysore State. Indian J. Ent. 16:327—344.

100. Laigo, F. M. and J. D. Paschke. 1968. *Pteromalus puparum* L. parasites reared from granulosis and microsporidiosis infected *Pieris rapae* L. chrysalids. Philippine Agric. 52:430—439.

101. Laing, J. E. and J. Hamai. 1976. Biological control of insect pests and weeds by imported parasites, predators, and pathogens. *In* Huffaker,

C. B. & P. S. Messenger (eds.) Theory and practice of biological control.: 685—743. Academic Press, New York.

102. Lingren, P. D., R. J. Guerra, J. W. Nickelsen and C. White. 1970. Hosts and host-age preference of *Campoletis perdistinctus*. J. Econ. Ent. 63(2): 518—522.

103. Lyon, J. P. 1968. Preliminary remarks on the possibilities of the practical use of parasitic Hymenoptera for the control of aphids in greenhouse. Ann. Epiphyt. 19(1):113—118. (RAE(A) 57:667).

104. Mackauer, M. 1968. Hymenopterorum catalogus (nov. ed.) Part 3. Aphidiidae: 1—103. Junk, 's-Gravenhage.

105. Manjunath, T. M. 1972. Biological studies on *Trichogrammatoidea armigera* Nagaraja a new dimorphic egg parasite of *Heliothis armigera* (Hubner) in India. Entomophage 17(2):131—147.

106. Markkula, M., K. Tiittanen and M. Hamalainen. 1972. Preliminary experiments on control of *Myzus persicae* (Sulz.) and *Macrosiphum rosae* (L.) with *Coccinella septempunctata* L. on greenhouse chrysanthemums and roses. Ann. Ent. Fennici 38(4):200—202. (RAE(A) 62:1311).

107. Marston N. and L. R. Ertle. 1969. Host age and parasitism by *Trichogramma minutum* (Hymnoptera: Trichogrammatidae). Ann. Ent. Soc. Amer. 62(6):1476—1481.

108. Martin, P. B., P. D. Lingren, G. L. Greene and R. L. Ridgway. 1976. Parasitization of two species of Plusiinae and *Heliothis* spp. after releases of *Trichogramma pretiosum* in seven crops. Environ. Ent. 5(5):991—995.

109. Matsuzawa, H. and R. Nogami. 1973. Studies on the pupal parasites of the common cabbage butterfly, *Pieris rapae curcivora* Boisduval and their parasitic activity (I). Tech. Bull. Fac. Agric. Kagawa Univ. 24(2): 177—183. (RAE(A) 64:559).

110. Miermont, Y. and M. Canard. 1975. The biology of the aphidophagous predator *Eumicromus angulatus* (Neuroptera: Hemerobiidae): studies in the laboratory and observations in the south-west of France. Entomophaga 20(2):179—191.

111. Mochida, O. and T. Okada. 1974. A bibliography of *Spodoptera* spp. (Lepidoptera: Noctuidae). Misc. Bull. Kyushu nat. agr. expt. Sta. 49:1—110.

112. Nadarajan, and S. Jayaraj. 1975. Influence of various hosts on the development and reproduction of the pupal parasite, *Tetrastichus israeli* M. and K. (Hymenoptera: Eulophidae). Curr. Sci. 44(13):458—460.

113. Nagarkatti, S. and H. Nagaraja. 1971. Redescriptions of some known

species of *Trichogramma* (Hymenoptea, Trichogrammatidae), showing the importance of the male genitalia as a diagnostic character. Bull. Ent. Res. 61:13—31.

114. Nakasuji, F., H. Yamanaka and K. Kiritani. 1973. Control of the tobacco cutworm, *Spodoptera litura* F., with polyphagous predators and ultra low concentration of chlorophenamidine. Jap. J. Appl. Ent. Zool. 17(4):171—180.

115. Nakasuji, F., H. Yamanaka and K. Kiritani. 1973. The disturbing effect of micryphantid spiders on the larval aggregation of the tobacco cutworm, *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). Kontyu 41(2):220—227.

116. Nakasuji, F., H. Yamanaka and K. Kiritani. 1976. Predation of larvae of the tobacco cutworm *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) by *Polistes* wasps. Ibid. 44(2):205—213.

117. Narendran, T.C. and K.J. Joseph. 1977. Studies on some aspects of host-specificity with reference to *Brachymeria lasus* Walker, a polyphagous chalcid parasite of lepidopterous insects. *In* Insects and host-specificity: 85—89. The Macmillan Company of India Ltd India. (RAE(A) 66:158).

118. Nath, D. K. and B. Sen. 1976. Some observations on aphidophagus coccinellid beetles in mustard cultivation. Sci. Cul. 42(5):288—290. (RAE(A) 65:1343).

119. Nijveldt, W. 1966. The food necessity of *Phaenobremia aphidimyza* (Diptera: Cecidomyiidae). Cecidologia indica 1(3):185—187. (RAE(A) 58:272).

120. Oatman, E. R. 1966. An Ecological study of cabbage looper and imported cabbageworm populations on cruciferous crops in Southern California. J. Econ. Ent. 59(5):1134—1139.

121. Oatman, E. R. and G. R. Platner. 1969. An ecological study of insect populations on cabbage in southern California. Hilgardia 40(1):1—40.

122. Oatman, E. R. and G. R. Platner. 1971. Biological control of the tomato fruitworm, cabbage looper, and hornworms on processing tomatoes in southern California, using mass releases of *Trichogramma pretiosum*. J. Econ, Ent. 64(2).501—506.

123. Oatman, E. R. and G. R. Plathner. 1972. Colonization of *Trichogramma evanescens* and *Apanteles rubecula* on the imported cabbageworm on cabbage in southern California. Environ. Ent. 1(3):347—351.

124. Oatman, E. R., G. R. Platner and P. D. Greany. 1968. Parasitization of imported cabbageworm and cabbage in southern California, with notes

on the colonization of *Trichogramma evanescens*. J. Econ. Ent. 61(3):724—730.

125. Ooi, P. A. C. and K. I. Sudderuddin. 1978. Control of diamondback moth in Cameron Highlands, Malaysia. 214—227 (RAE(A) 67:394).

126. Parker, F. D. 1970. Seasonal mortality and survival of *Pieris rapae* (Lepidoptera: Pieridae) in Missouri and the effect of introducing an egg parasite, *Trichogramma evanescens*. Ann. Ent. Soc. Amer. 63(4):985—994.

127. Parker, F. D. 1971. Management of pest populations by manipulating densities of both hosts and parasites through peridic releases. Ch. 16, p. 365—76. *In* C. B. Huffaker (ed.) Biological control. Plenum Press, New York. 511 p.

128. Parker, F. D., F. R. Lawson and R. E. Pinnell. 1971. Suppression of *Pieris rapae* using a new control system: mass releases of both the pest and its parasites. J Econ. Ent. 64(3):721—735.

129. Parker, F. D. and R. E. Pinnell. 1970. Rearing the imported cabbageworm parasite *Apanteees rubecula* in the laboratory. Ibid. 1993—1994.

130. Parker, F. D. and R. E. Pinnell. 1972. Effectiveness of *Trichogramma* spp. in parastizing eggs of *Pieris rapae* and *Trichoplusia ni* I. Field studies. Environ. Ent. 1(6):785—789.

131. Parker, F. D. and R. E. Pinnell. 1974. Effectiveness of *Trichogramma* spp. in parasitizing eggs of *Pieris rapae* and *Trichoplusia ni* in the laboratory. Ibid. 3(6):935—938.

132. Patana, R., C. G. Jackson and R. E. Fye. 1978. Development of *Brachymeria ovata* in six lepidopteran hosts. Southwestern Ent. 3(4):266—270. (RAE(A) 67:535).

133. Patel, V. C. and H. K. Patel. 1968. New records of parasites of *Plutella maculipennis* Curt. in Gujarat, India. Indian J. Ent. 30(1):86.

134. Patel. J. C. and R. C. Patel. 1971. Studies on the biology of *Chelonus heliopae* Gupta, an egglarval parasite of *Spodtera litura* (F.). Ibid. 33(1):50—54.

135. Patel, R. C., J. C. Patel and J. K. Patel. 1971. New records of parasites of *Spodoptera exigua* (Hb.) and *Spodoptesa litura* (Fabricius) from Gujarat. Ibid. 33(1):92—93.

136. Patel. R. C., J. C. Patel and J. K. Patel. 1973. Mass rearing of *Chelonus heliopae* Gupta. Ibid. 35(2):119—126.

137. Pawar, A. D. 1976. *Andrallus spinidens* (Fabricius) (Asopinae: Pentatomidae: Hemiptera) as a predator of insects pests of rice in Himachal Pradesh, India. Rice Ent. Newsl. (4):23—24.

138. Pimentel D. 1961. Natural control of caterpillar populations on cole crops. J. Econ. Ent. 54:889—92.

139. Plapp, F. W. Jr. and S. B. Vinson. 1977. Comparative toxicities of some insecticides to the tobacco budworm and its ichneumonid parasite, *Campoletis sonorensis*. Environ. Ent. 6:381—384.

140. Putiler, B., F. D. Parker, R. E. Pinnell and S. E. Thewke. 1970. Introduction of *Apanteles rubecula* into the United States as a parasite of the imported cabbage worm. J. Econ Ent. 63:304—305.

141. Rahman, M. 1970. *Exorista flaviceps*. a tachinid parasite of *Pieris rapae* in South Australia. Ibid. 63:836—841.

142. Rahman, M. 1970. Mutilation of the imported cabbageworm by the parasite *Apanteles rubecula*. Ibid. 63:1114—1116.

143. Rai, P. S. 1974. Record of *Chelonus formosanus* Sonan (Hymenoptera: Braconidae), a parasite of *Spodoptera litura* (Fabricius) from Mysore State. Curr. Sci. 43(1):30.

144. Rajendra, M. K. and R. C. Patel. 1971. Studies on the life history Pentatomid bug, *Andrallus spinidens* (Fabr.). J. Bombay Nat. Hist. Soc. 68(2):319—327. (RAE(A) 63:674).

145. Rao, V. P., M. A. Ghani, T. Sankaran and K. C. Mathur. 1971. A review of the biological control of insects and other pests in south-east Asia and the pacific region. Tech. Commun. 6:1—149. Farnham Royal, UK; Commonwealth Agricultural Bureaux.

146. Rao, S. N. and C. Kurjan. 1950. Descriptions of eleven new and records of fifteen known spacies of Ichneumonidae (Hymenoptera: Parasitica) from India. Indian J. Ent 12:167—190.

147. Richardson, H. P. and P. H. Westdal. 1965. Use of *Aphelinus semiflavus* Howard for control of aphids in a greenhouse. Can. Ent. 97(1):110—111.

148. Richman, D. B. 1977. Predation on the alfalfa weevil, *Hypera postica* (Gyllenhal), by *Stiretrus anchorago* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae). Florida Ent. 60(3):192. (RAE(A) 66:445).

149. Rojas P. S. 1968. Note on *Prospaltella porteri* (Hymenoptera: Aphelinidae), A new parasite of the eggs of Lepidoptera. Rev. Chil. Ent. 6:123—215. (RAE(A) 58:197).

150. Roy, P. and S. K. Basu. 1977. Bionomics of aphidophagous syrphid flies. Indian J. Ent. 39(2):165—174.

151. Ru, N., W. H. Whitcomb and M. Murphey. 1976. Culturing of *Chrysopa rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae). Florida Ent. 59(1):21—26. (RAE(A)

65:344).

152. Rusinov, V. I. 1977. Parasite of mustard pests. Zashch. Rast. 1977(2): 27. (RAE(A) 65:1825—1826).

153. Scheurer, R., V. Fluck and M. A. Ruzette. 1975. Experiments with insect growth regulators (IGRs) on Lepidopterous pests and some of their parasitoids. Mitt. Schwei. Ent. Gesell. 48(3/4):315—321. (RAE(A) 64: 1612).

154. Schmidt, G. T. 1970. The effect of host development on parasitism and mortality of two pests attacked by *Trichogramma evanescens* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Ann. Ent. Soc. Amer. 63(5):1319—1322.

155. Scopes, N. E. A. 1969. The potential of *Chrysopa carnea* as a biological control agent of *Myzus persicae* on glasshouse chrysanthemums. Ann. Appl. Biol 64(3):433—439. (RAE(A) 58:589).

156. Scopes, N. E. A. and S. M. Biggerstaff. 1974. Progress towards integrated pest control on year round chrysanthemums. *In* proceedings of the seventh British insecticide and fungicide conference, 19th to 22nd Nov. 1973, Hotel Metropole, Brighton, England. 1:227—234.

157. Shands, W. A. and G. W. Simpson. 1972. Insect predators for controlling aphids on potatoes. 8. Green peach aphid consumption by *Coccinella septempunctata* and *C. transversoguttata*. J. Econ. Ent. 65(5):1388—1392.

158. Shands, W. A., G. W. Simpaon and M. H. Brunson. 1972. Insect predators for controlling aphids on potatoes. 1. In small plots. Ibid. 65(2):511—514.

159. Shands, W. A., G. W. Simpson, C. F. W. Muesebeck and H. E. Wave. 1965. Parasites of potato-infesting aphids in northeastern Maine. Bull. Me agric. Exp. Stn no. T 19, 77 pp. (RAE(A) 57:206).

160. Shands, W. A., G. W. Simpson and B. A. Simpsoh. 1975. Evaluation of field introductions of two insect parasites (Hymenoptera: Braconidae) for controlling potato-infesting aphids. Environ. Ent. 4(3):499—503.

161. Sharma, J. C. 1973. Predation of *Menochilus sexmaculata* Fab. on different species of aphids. Indian J. Ent. 35(4):343—344.

162. Shenefelt, R. D. 1972. Hymenopterorum catalogus (nov. ed.) part 7. Braconidae 4:429—668. Junk, 's-Gravenhage.

163. Shiga, M. 1968. The effect of aggregations of the green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulzer), on the spatial distribution of and parasitization of a Hymenopterous parasite, *Aphidius gifuensis* Ashmead. (In Japanese) Sci. Bull, Fac. Agric. Kyushu Univ. 23(3):169—183.

164. Singh, R. and R. K. Malhotra. 1975. Susceptibility of *Coccinella septem-*

punctata Linn., (Coleoptera: Coccinellidae) to some insecticides. Haryana Agric. Univ. J. Res. 5(1):29—34. (RAE(A) 64:1991).

165. Sitamaiah, S., B. G. Joshi, G. R. Prasad and S. V. V. Satyanarayana. 1975. *Harpactor costalis* Stal. (Heteroptera: Reduviidae)—a new predator of the tobacco caterpillar (*Spodoptera litura F.*). Sci. Cul. 41(11):545—546.

166. Smilowitz, Z., C. A. Martinka and E. A. Jowyk. 1976. The influence of a juvenile hormone mimic (JHM) on the growth and development of the cabbage looper, *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae) and the endoparasite, *Hyposoter exiguae* (Hymenoptera: Ichneumonidae). Environ. Ent. 5(6):1178—1182.

167. Stary, P. 1975. A checklist of the Far East Asian Aphidiidae (Hymenoptera). Beitr. Ent. 25(1):53—76.

168. Stern, V. M. and H. H. Shorey. 1968. Biological notes on, and eradication of *Trichogramma semifumatum* from laboratory cultures of eight species of Noctuidae. J. Econ. Ent. 61(4):898—901.

169. Stoner A. and G. D. Butler Jr. 1965. *Encarsia lutea* as an egg parasite of bollworm and cabbage looper in Arizona cotton. Ibid. 58(6):1148—1150.

170. Sundby, R. A. 1966. A comparative study of the efficiency of three predatory insect *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae), *Chrysopa carnea* St. (Neuroptera: Chrysopidae) and *Syrphus ribesii* L. (Diptera: Syrphidae) at two different temperatures. Entomophaga 11(4): 395—404.

171. Szalay-Marzso, L. and F. Solymosy. 1962. Investigations on the aphid vectors of cucumber mosaic virus on pepper in Hungary. Acta agron. 11(3—4):329—343. (RAE(A) 51:57).

172. Tamaki, G. and R. E. Weeks. 1972. Efficiency of three predators, *Geocoris bullatus, Nabis americoferus,* and *Coccinella transbersogrttata,* used alone or in combination against three insect prey species, *Myzus persicae, Ceramica picta,* and *Mamestra configurata,* in a greenhouse study. Environ. Ent. 1(2):258—263).

173. Tamaki, G. and G. E. Long. 1978. Predator complex of the green peach aphid on sugarbeets: Expansion of the predator power and efficacy model. Environ. Ent. 7(6):835—842.

174. Tao, C. C. and S. C. Chiu. 1971. Biological control of citrus, vegetables and tobacco aphids. Taiwan Agric. Res. Inst. Spec. Publ. (10):1—110.

175. Tawfik, M. F. S., S. Abul-Nasr and M. M. El-Husseini. 1972 The biology

of *Labidura riparia* Pallas (Dermaptera: Labiduridae). Bull. Soc. Ent. Egypte 56:75—92. (RAE(A) 62:1352—1353).

176. Thompson, W. R. 1944. A catalogue of the parasites and predators of insect pests. Sect 1. Parasite host catalogue. Part 3, Parasites of the Hemiptera. 149 pp. Belleville, Onty Imp Paras. Serv.

177. Thompson, W. R. 1946. Ibid. Part 7, Parasites of the Lepidoptera (G—M). p. 259—385.

178. Thompson, W. R. 1946. Ibid. Part 8, Parasites of the Lepidoptera (N—P) p. 386—523.

179. Thompson, W. R. and F. J. Simmonds. 1964. A catalogue of the parasites and predators of insect pests. Sect. 3, Predator host catalogue. 204 pp.

180. Toor, H. S. and M. Ramzan. 1975. The grey wagtail, *Motacilla caspica* (Gmelin)—a good predator of mustard aphid, *Lipaphis erysimi* Kalt. Sci. Cul. 41(6):288—289.

181. Triggiani, O. 1973. Biological notes on *Deraeocoris flavilinea* Costa (Rhynchota-Heteroptera). Entomologica. 9:137—145. (RAE(A) 67:1451).

182. Tzedeler O. E. 1931. The cabbage moth, *Plutella maculipennis* Curt. in connection with the cultivation of mustard. Zh. Opuitn. Agcon. Yu-Vostoka 9:165—95 (RAE(A) 19:443).

183. Ullyett, G. C. 1947. Mortality factors in populations of *Plutella maculipennis* Curtis (Lepidoptera: Tineidae), and their relation to the problem of control. Ent. Mem. Dep. Agric. S. Afr. 2(6):77—202. (RAE(A) 37: 449).

184. Vail. P. V., C. F. Soo Hoo, R. S. Seay, R. G. Killinen and W. W. Wolf. 1972. Microbial control of Lepidterous pests of fall lettuce in Arizona and effects of chemical and microbial pesticides on parasitoids. Environ. Ent. 1(6):780—785.

185. Venkatraman, T. V. 1964. Experimental studies in superparasitism and multiparasitism in *Horogenes cerophaga* (Grav.) and *Hymenobosmina rapi* (Cam.), the larval parasites of *Plutella maculipennis* (Curt.). Indian J. Ent. 26(1):1—33.

186. Wall, R. and R. C. Berberet. 1974. The life-cycle of *Euplectrus platyhypenae*, a gregarious external parasitoid of peanut foliage feeders in Oklahoma. Environ. Ent. 3(5).744—746.

187. Wan, M. T. K. 1970. The bionomics and control of the diamondback moth *Plutella xylostella* L. (*P. maculipennis* Curt.) (Lepidoptera: Plutellidae) in Sarawak (Malaysian Borneo). Sarawak Mus. J. 18(36/37): 377—398. (RAE(A) 63:140).

188. Watanabe, C. and H. Takada. 1967. Aphidiid parasites of the green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulzer), in Japan (Hymenoptera: Aphidiidae). Mushi 40(7):83—87.

189. Wilkinson, A. T. S. 1966. *Apanteles rubecula* Marsh and other parasites of *Pieris rapae* in British Columbia. J. Econ. Ent. 59(4):1012—1013.

190. Wilkinson, J. D. and K. D. Biever. 1974. Biological studies of *Euphorocera edwardsii* (Diptera: Tachinidae), an endoparasitoid of *Pieris rapae*. Ann. Ent. Soc. Amer. 67(2):285—286.

191. Wilkinson, J. D., K. D. Biever and C. M. Ignoffo. 1979. Synthetic pyrethroid and organophosphate insecticides against the parasitoid *Apanteles marginiventris* and the predators *Georis punctipes*, *Hippodamia convergens*, and *Podisus maculiventris*. J. Econ. Ent. 72(4):473—475.

192. Wilkinson, J. D. and C. M. Ignoffo. 1973. Activity of a juvenile hormone analogue on a parasitoid, *Apanteles rubecula*, via its host, *Pieris rapae*. Ibid. 66(3):643—645.

193. Yamanaka, H., F. Nakasuji and K. Kiritani. 1972. Life tables of the tobacco cutworm, *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae), and an evaluation of the effectiveness of natural enemies. Jap. J. Appl. Ent. Zool. 16(4):205—214.

194. Yarrow. W. H. T. 1970. Parasites of *Plutella xylostella* (L.) in south-eastern Queensland. Queensland J. Agric. Anim. Sci. 27(3):321—324. (RAE(A) 60:137).

195. Yaseen M. 1974. Biology, seasonal incidence and parasites of *Plutella xylostella* (L.) in Trinidad and the introduction of exotic parasites into the Lesser Antilles. *In* C. W. D. Brathwaite, R. H. Phelps and F. D. Bennett (Eds.) Crop protection in the Caribbean: 237—244. (RAE(A) 65:1203).

196. Yasumatsu, K. and C. Watanabe. 1965. A tentative catalogue of insect natural enemies of injurious insects in Japan. Part 2. Host parasite-predator catalogue.: 1—116. Ent. Lab., Fac. Agric., Kyushu Univ., Fukuoka, Japan.

197. Yousten, A.A. 1973. Effect of the the *Bacillus thuringiensis* δ-endotoxin on an insect predator which has consumed intoxicated cabbage looper larvae. J. Invert. Path. 21(3):312—314.

Proc. Symp. Product. Insect Contr. Crucifer. Veget.: 32~73 (1981)

Biological control of insect pests on cruciferous vegetables[1]

Shui-chen CHIU[2]
and
Ching-chin Chien Liang-yih Chou Bing-huei Chen[3]

Summary

The responses of natural enemies to insecticides are different according to the diversity of insecticides and the species and developmental stages of the natural enemies. The insecticides, Thuricide, virus, JHA, JHM, and IGR are relatively more specific and harmless to the natural enemies. If we could properly apply natural enemies with cultural practices and resistant varieties, then the population density of vegetable pests will be maintained at low level, and the natural enemies could very effectively perform one role of the integrated control program.

Cruciferous vegetables have numerous insect pests. The control of these insects almost solely depends upon chemical control. Biological control of the cruciferous insects has been attempted in many countries and has mostly emphasized the survey of natural enemies and their basic studies. This paper presents a literature review restricted to the biological control of 6 major insects, viz. diamondback moth (*Plutella xylostella* (L.)), cabbage worm (*Pieris rapae* (L.) and *P. rapae crucivora* Boisd.), armyworm (*Spodoptera litura* (Fabr.)), cabbage looper (*Trichoplusia ni* (Hubn.)), green peach aphid (*Myzus persicae* (Sulz.)), and mustard aphid (*Lipaphis erysimi* Kalt.). All recorded parasitoids and predators of these insects are listed. Biology and ecology of some important natural enemies and their field experimental achievements are included.

---

1. Report of the Taiwan Agricultural Research Institute No. 934.
2. Head and senior entomologist of the Department of Applied Zoology, Taiwan Agricultural Research Institute.
3. Entomologist, assistant entomologist and research assistant, respectively. ditto.